

UNIVERSIDAD CENTROAMERICANA  
JOSÉ SIMEÓN CAÑAS



MONITOREO DE RUIDO EN EDIFICIO JON DE CORTINA - FASE 2

TRABAJO DE GRADUACIÓN PREPARADO PARA LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

PARA OPTAR AL GRADO DE  
INGENIERO(A) INFORMÁTICO(A)

POR:  
JULIO JOSUÉ CHÁVEZ FLORES  
MARCOS ANTONIO HERNÁNDEZ GRANDE  
JOSÉ HERIBERTO OLIVARES BARRIENTOS  
PAULA DANIELA ZEPEDA BARRERA

MAYO 2026  
ANTIGUO CUSCATLÁN, EL SALVADOR, C.A.



RECTOR  
MARIO ERNESTO CORNEJO MENA S.J

SECRETARIA GENERAL  
LIDIA GABRIELA BOLAÑOS TEODORO

DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
CARLOS ERNESTO RIVAS CERNA

DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA INFORMÁTICA  
JOSÉ ENMANUEL AMAYA ARAUJO

DIRECTOR DEL TRABAJO  
MIGUEL ERNESTO RIVAS SERRANO

LECTORA  
GABRIELA CAROLINA REYNOSA PÉREZ



## **AGRADECIMIENTOS**

Como equipo, expresamos nuestros más sinceros agradecimientos a todas las personas que, con su esfuerzo, dedicación y compromiso, nos brindaron su apoyo durante la realización de este trabajo de graduación. Su acompañamiento fue fundamental para alcanzar este importante logro en nuestra vida académica y profesional.

En primer lugar, agradecemos a Dios por concedernos la fortaleza, la perseverancia y la sabiduría necesarias para culminar con éxito este proyecto, el cual representa una etapa significativa en nuestra formación académica.

De manera especial, expresamos nuestro profundo agradecimiento al Ing. Miguel Rivas, asesor de este trabajo de graduación, por su valiosa orientación, disposición y acompañamiento constante. Su asesoramiento fue clave en cada una de las etapas del proyecto, permitiéndonos superar los desafíos presentados y mantenernos firmes y enfocados en los objetivos planteados desde el inicio.

Asimismo, extendemos nuestro agradecimiento a los catedráticos del Departamento de Electrónica e Informática, en especial a Carlos Marroquín, al Ing. Josué Sánchez y al Ing. Josué Rivas, por su paciencia, disposición y apoyo en la resolución de dudas y orientación durante el desarrollo de este proyecto, sin los cuales no habría sido posible culminarlo satisfactoriamente.

De igual manera, agradecemos profundamente a nuestras familias, quienes nos brindaron su apoyo incondicional, comprensión y motivación constante a lo largo de este proceso, siendo un pilar fundamental para la consecución de este logro.

A todos ellos, nuestro más sincero agradecimiento por la confianza, dedicación y esfuerzo que fueron determinantes para la realización de este trabajo de graduación.



## **DEDICATORIA**

A Dios, por darme la fortaleza, la salud y la perseverancia necesarias para culminar esta importante etapa de mi vida académica. Nunca se apartó de mi camino y me apoyó incondicionalmente permitiendo que todo pasara conforme a su plan divino.

A mi familia, por ser el pilar fundamental de mi formación personal y profesional. En especial, a mi mamá y mi papá, por su amor incondicional, sacrificio constante y apoyo inquebrantable, quienes han sido mi mayor inspiración para no rendirme ante las dificultades. A mis abuelas, María Ofelia Chávez Maldonado y Fidelia Ramírez de Flores por sus consejos, su cariño y por creer siempre en mí, por brindarme su amor, su ejemplo de vida ha sido una guía invaluable en mi camino.

A mi pareja María Guidos, por su paciencia, comprensión y acompañamiento durante todo este proceso, por motivarme en los momentos difíciles y celebrar conmigo cada logro alcanzado.

A mis amigos, por su apoyo sincero y su amistad incondicional. Agradezco especialmente a Nelson Évora, Armando Argueta y Rafael Figueroa, por estar presentes a lo largo de este recorrido y ser parte crucial de este proceso de aprendizaje. A mis mejores amigas, Karen Salguero y Pamela Amaya, por su confianza, consejos, ánimo constante y presencia en mi vida. Asimismo, a mis mejores amigos Jonathan Cardona, Rodrigo Ungo, Dennys Pascasio, Gabriel Ortiz, Gustavo Escobar, Christopher Castro, Saúl Méndez e Isaac Henríquez, por los momentos compartidos, el apoyo mutuo y la motivación brindada durante esta etapa.

A los catedráticos que contribuyeron de manera significativa a mi formación académica: Elisa Aldana, Eric Varela, Guillermo Cortez, Silvia Ortiz, Ronaldo Canizales, la Lic. Iris Palacios, Marielos Arlen Marín y Erika Stephanie Ramírez Mirón, por compartir sus conocimientos, su orientación y su compromiso con la educación.

A mi equipo de tesis, a mi amigo Wilfredo Hernández y su equipo de trabajo, por el esfuerzo conjunto, la colaboración y el profesionalismo demostrado durante el desarrollo de este proyecto.

De igual manera, agradezco al ingeniero Josué Sánchez, así como a Josué Morales, Carlos Marroquín y Miguel Rivas, por su apoyo, asesoría y valiosos aportes que contribuyeron al desarrollo y culminación de esta investigación.

Finalmente, agradezco a todas las personas que, de manera directa o indirecta, formaron parte de este logro académico. Este trabajo es también reflejo de su apoyo y confianza.

Julio Josué Chávez Flores



## DEDICATORIA

Agradezco primeramente y de todo corazón a Jesús, mi mejor amigo. Siendo cristiano, para poder llegar hasta este momento hubieron muchos retos, muchas situaciones difíciles que afrontar a nivel personal, a nivel académico y sobre todo a nivel profesional, hubieron momentos de duda, momentos de frustración, momentos incluso de temor y vergüenza, pero todo lo que viví y afronté siempre representó una oportunidad de aprendizaje y crecimiento a mi vida. Todas esas oportunidades y momentos fueron los que me permitieron abrirme paso para conocer y entender mucho mejor mis capacidades, fortalezas y debilidades sobre todo como persona en mi carácter, mi trabajo, mi mentalidad y lo que quiero lograr como profesional UCA. Gracias doy a Dios y Jesús por haberme dado la valentía, la inteligencia y la constancia para llegar hasta este momento.

Quiero agradecer en especial a mi núcleo familiar principal que son mis padres, mi hermana, mi tía por parte de la familia de mi madre y mi tío político que son quienes mayormente me han apoyado, me han alentado, han confiado en mi y en mis capacidades. Pude ver su apoyo no solo de manera económica sino también en cada consejo que me brindaron, en cada palabra de aliento que proporcionaron, en todas las ocasiones que me mostraron su confianza diciéndome que podía dar más y ser mejor de lo que soy, en cada exhortación que me dieron para darme a entender que debía hacer las cosas de manera correcta y en cada disposición que tenían para poder apoyarme de la manera en que lo necesitara. Por esto y mucho más les debo agradecer, procurando siempre responderles con la misma disposición y lealtad que ellos me mostraron.

También debo agradecer a todos mis hermanos en Cristo de la iglesia donde soy fiel servidor, porque de no ser por la ayuda económica que ellos me brindaron, sus oraciones y apoyo a mi vida, no habría llegado hasta este momento de mi carrera y no podría celebrar este triunfo tan importante para mí.

De igual manera, debo agradecer a la Universidad que me ha acogido todos estos años, mi amada UCA, que no solo me abrió sus puertas para darme la formación debida sino que también me permitió tener un puesto como instructor de Física I por un período de 2 años apróximadamente en el que descubrí y pude desarrollar habilidades en el área de la docencia junto con quien fuera mi jefe inmediato el Lic. Mauricio Grande y el Depto. de Ciencias Energéticas y Fluídicas, a quien agradezco toda su paciencia, guía y formación profesional, puesto que sin esa oportunidad que me presentaron no habría podido incursionar en el mundo laboral ni desarrollar las habilidades técnicas y blandas que a día de hoy sigo perfeccionando y que me han abierto muchas puertas tanto a nivel personal como profesional y laboral.

Agradecer también a los catedráticos del Depto. de Informática por su paciencia y guía durante todo el proceso de aprendizaje a lo largo de estos años en la carrera y a todos mis compañeros tanto de carrera como mi grupo de tesis por todo su apoyo durante todos estos años.

Marcos Antonio Hernández Grande



## **DEDICATORIA**

En primer lugar, a Dios, por brindarme salud, fortaleza y sabiduría para superar cada obstáculo presentado a lo largo de mi formación profesional.

A mis padres, por su amor incondicional, sacrificio constante y apoyo inquebrantable. Gracias por creer en mí incluso en los momentos de duda y por ser el pilar fundamental que me impulsó a seguir adelante hasta alcanzar este logro.

A mi familia, quienes con sus palabras de aliento, comprensión y paciencia me acompañaron durante todo este proceso académico, demostrando que el esfuerzo compartido siempre rinde frutos y que apesar de estar en los años más difíciles de mi carrera ellos siempre estuvieron allí para mi apoyandome.

A mis docentes, por sus enseñanzas, orientación y compromiso con mi formación profesional, contribuyendo de manera significativa a mi crecimiento académico y personal, especial gracias también a Miguel Rivas, nuestro asesor de tesis que tuvo la paciencia de guiarnos y orientarnos en todo este camino de aprendizaje.

Finalmente, a todas aquellas personas que de una u otra forma formaron parte de este camino, brindándome su apoyo y motivación para culminar satisfactoriamente esta etapa de mi vida.

José Heriberto Olivares Barrientos



## **DEDICATORIA**

En primer lugar, agradezco a Dios por acompañarme en cada etapa de este proceso con su amor infinito y por darme la fortaleza necesaria para seguir adelante, incluso en los momentos de mayor estrés, duda e inseguridad.

De manera muy especial, agradezco a mis padres; sin ellos, esto nunca habría sido posible. Los amo inmensamente. A mi mamá, por estar siempre a mi lado, apoyándome incondicionalmente y creyendo en mí; por su paciencia en mis momentos de frustración, por ser mi mayor admiradora, por darme aliento cuando sentía que no podía continuar y, sobre todo, por su inmenso amor. A mi papá, por ser un apoyo constante e incondicional por motivarme a seguir adelante en este proceso; sin él, esta meta no habría sido posible. Gracias por creer en mí, por ayudarme, por estar presente en cada paso de este camino y por su amor incondicional.

Asimismo, dedico este logro a mis abuelos, quienes han sido un pilar fundamental en mi vida y a quienes amo con todo mi corazón. A mi abuela, por llevarme siempre en sus oraciones; sé que sin ellas este logro no habría sido posible. Gracias por brindarme siempre su apoyo, su confianza, su paciencia y su amor. A mi abuelo, por estar siempre para mí, por su amor y cariño, por acompañarme en cada paso y por creer en mí y en mi capacidad para alcanzar lo que me propongo. Sin el apoyo de todos ellos, este logro no habría sido posible.

También agradezco a mi novio por darme siempre ánimos y confiar en mis capacidades, por su amor y apoyo incondicional en cada etapa de este camino desde el primer día; A mis amigos y amigas tanto dentro como fuera de la universidad, quienes fueron un parte de este proceso, brindándome su apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles.

Por último, agradezco a mis compañeros de tesis por todos los buenos momentos compartidos y por las risas; gracias a ustedes por haber sido un equipo de trabajo increíble y por convertirse en grandes amigos para mí. Sé que, sin el apoyo de todos, no lo habríamos logrado.

A todos ellos, gracias por haber contribuido a la realización de este logro y por formar parte de esta etapa tan importante de mi vida, este logro también es de todos ustedes.

Paula Daniela Zepeda Barrera



## RESUMEN

Este trabajo de graduación aborda la problemática de los elevados niveles de ruido en el edificio Jon de Cortina de la Universidad Centroamericana José Simeón Cañas de El Salvador, los cuales afectan negativamente la concentración, el aprendizaje y el bienestar de estudiantes y docentes. La Organización Mundial de la Salud (OMS) indica que los niveles superiores a 70 decibelios en áreas de uso común afectan la salud auditiva y la concentración, lo que reafirma la necesidad de una solución a esta problemática.

El objetivo central del proyecto es continuar con el sistema de monitoreo de ruido en tiempo real, basado en tecnologías IoT (Internet de las Cosas), las cuales permiten la interconexión de dispositivos físicos a través de internet para recopilar, enviar y procesar datos automáticamente. En esta segunda fase del proyecto se busca integrar el prototipo existente con los servicios institucionales de la universidad, agregar nuevas tecnologías como "**Nginx**" (un reverse proxy para despliegue), archivo de tipo "**Dockerfile**" para poder construir un contenedor y montar la app junto con el reverse proxy para realizar consultas a la app web y la creación de una cubierta para el dispositivo.

Este proyecto permite la medición, almacenamiento y análisis de los niveles sonoros que se producen en las diferentes áreas del edificio, con el fin de mitigar la contaminación acústica. Para cumplir este objetivo, se realizó previamente una investigación de las normativas de ruido, el diseño y desarrollo de un prototipo que utiliza el microcontrolador ESP8266 y el sensor MAX9814, la implementación de un sistema de alertas tanto visuales como por correo electrónico, y la creación de un sistema web para la consulta de los datos recolectados.

El presente trabajo de graduación se estructura en seis capítulos. El primero establece la problemática, los antecedentes que sustentan la investigación, los objetivos generales y específicos, así como los alcances y limitaciones del proyecto. En el segundo capítulo se exploran conceptos fundamentales como la audición, el sonido y la contaminación sonora.

En el tercer capítulo se presenta la metodología Scrum, que fue la adoptada para el desarrollo del proyecto, la cual organiza el trabajo en ciclos iterativos con roles definidos. En el cuarto capítulo se tiene el análisis de las encuestas realizadas para conocer la viabilidad del proyecto. En el quinto capítulo se encuentran los casos de prueba del sistema y del ESP, finalmente en el capítulo seis las conclusiones y recomendaciones.

También cuenta con el apartado de anexos, donde encontrarán los manuales de usuario y técnico, así como los diagramas del PCB, ESP y cubierta del dispositivo.



## ÍNDICE

RESUMEN .....	i
ÍNDICE DE FIGURAS .....	v
ÍNDICE DE TABLAS .....	vii
SIGLAS .....	ix
NOMENCLATURA .....	xi
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Planteamiento del problema .....	1
1.2 Antecedentes.....	2
1.3 Alcances y limitaciones .....	3
1.3.1 Alcances.....	3
1.3.2 Limitaciones.....	4
1.4 Objetivos.....	4
1.4.1 Objetivo general .....	4
1.4.2 Objetivos específicos .....	4
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO .....	5
2.1 Definición de ruido.....	5
2.2 El impacto del ruido fuerte en la salud .....	5
2.2.1 Normativa de ruido según la OMS .....	6
2.3 Contaminación sonora y sus consecuencias.....	7
2.4 Efecto del ruido en los estudiantes y su aprendizaje .....	9
2.5 Internet de las cosas (IoT) .....	10
2.5.1 Arquitectura IoT.....	10
2.6 Sistema de monitoreo de ruido .....	12
2.7 Beneficios de un sistema de monitoreo de ruido .....	13
2.8 Microcontroladores .....	15
2.8.1 ESP8266 .....	15
2.8.2 Especificaciones del ESP8266 .....	16
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA .....	19
3.1 Metodología Scrum .....	19
3.1.1 Proceso SCRUM .....	19
3.2 Organización.....	21
3.2.1 Roles Metodología Scrum .....	21
3.3 Cronograma de Actividades.....	22
CAPÍTULO 4. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	27
4.1 Análisis de encuesta a estudiantes .....	27
4.2 Análisis de encuesta a docentes .....	32
4.3 Conclusiones de las encuestas .....	35

CAPÍTULO 5. PRUEBAS Y VALIDACIÓN DEL SISTEMA .....	37
5.1 Pruebas del sistema .....	37
5.1.1 Entorno de las pruebas y funcionalidades principales.....	37
5.2 Casos de prueba del sistema .....	37
5.3 Análisis de las pruebas .....	44
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	47
6.1 Conclusiones.....	47
6.2 Recomendaciones .....	47
GLOSARIO .....	49
REFERENCIAS .....	51

## **ANEXOS**

- ANEXO A. Manual Técnico
- ANEXO B. Manual de Usuario
- ANEXO C. Diagramas del ESP, PCB y Cubierta del dispositivo
- ANEXO D. Creación del Prototipo final y Presupuesto

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figure 1.1 Infraestructura típica de un sistema de monitoreo inteligente de ruido. . . . .	3
Figure 2.1 Partes del oído. . . . .	6
Figure 2.2 Arquitectura IoT . . . . .	11
Figure 2.3 Sensor MAX9814 Amplificador de micrófono. . . . .	13
Figure 2.4 Componente de gráfica de línea. . . . .	14
Figure 2.5 Componente de gráfica de barras. . . . .	15
Figure 2.6 ESP8266 modulo WiFi. . . . .	17
Figure 3.1 Proceso Scrum. . . . .	20
Figure 3.2 Cronograma de actividades. . . . .	22
Figure 3.3 Cronograma de actividades. . . . .	23
Figure 3.4 Cronograma de actividades. . . . .	23
Figure 3.5 Cronograma de actividades. . . . .	24
Figure 3.6 Cronograma de actividades. . . . .	25
Figure 4.1 Pregunta 1. Gráfico de resultados . . . . .	27
Figure 4.2 Pregunta 2. Gráfico de resultados . . . . .	27
Figure 4.3 Pregunta 3. Gráfico de resultados . . . . .	28
Figure 4.4 Pregunta 4. Gráfico de resultados . . . . .	28
Figure 4.5 Pregunta 7. Nube de respuestas . . . . .	30
Figure 4.6 Pregunta 8. Escala de Resultados . . . . .	31
Figure 4.7 Pregunta 9. Gráfico de Resultados . . . . .	31
Figure 4.8 Pregunta 1. Gráfico de Resultados . . . . .	32
Figure 4.9 Pregunta 2. Gráfico de Resultados . . . . .	32
Figure 4.10 Pregunta 3. Gráfico de Resultados . . . . .	33
Figure 4.11 Pregunta 4. Gráfico de Resultados . . . . .	33
Figure 4.12 Pregunta 5. Gráfico de Resultados . . . . .	34



## ÍNDICE DE TABLAS

Table 2.1 Características técnicas del ESP8266. . . . .	16
Table 3.1 Roles SCRUM . . . . .	21
Table 4.1 Distribución de la percepción del nivel de ruido . . . . .	29
Table 4.2 Frecuencia con la que los estudiantes perciben el ruido . . . . .	29
Table 4.3 Nivel de molestia del ruido percibido por los docentes . . . . .	34
Table 4.4 Frecuencia con la que los docentes perciben ruido en el edificio . . . . .	35
Table 5.1 Caso de prueba CP-01: Inicio de sesión válido. . . . .	38
Table 5.2 Caso de prueba CP-02: Inicio de sesión inválido. . . . .	38
Table 5.3 Caso de prueba CP-03: Cierre de sesión. . . . .	39
Table 5.4 Caso de prueba CP-04: Dashboard del sistema. . . . .	40
Table 5.5 Caso de prueba CP-05: Alertas registradas. . . . .	40
Table 5.6 Caso de prueba CP-06: Área de monitoreo. . . . .	41
Table 5.7 Caso de prueba CP-07: Configuración del sensor. . . . .	42
Table 5.8 Caso de prueba CP-08: Visualización de ubicaciones monitoreadas. . . . .	42
Table 5.9 Caso de prueba CP-09: Visualización de reservas de laboratorios por fechas. . . . .	43
Table 5.10 Caso de prueba CP-10: Creación y Visualización de usuarios. . . . .	44



## **SIGLAS**

ADC:	Analog to Digital Converter
API:	Application Programming Interface
DEI:	Departamento de Electrónica e Informática
EMR:	Estaciones de Monitoreo de Ruido
GPIOs:	General Purpose Input/Output
IoT:	Internet of Things
IP:	Internet Protocol
OMS:	Organización Mundial de la Salud
PCB:	Printed Circuit Board
SoC:	System on a Chip
TCP:	Transmission Control Protocol
UCA:	Universidad Centroamericana José Simeón Cañas



## **NOMENCLATURA**

- MB:* MegaByte. Unidad de almacenamiento utilizada para describir la memoria flash.
- MHz:* Megahercio. Unidad de medida de frecuencia que equivale a un millón de ciclos por segundo .
- V:* Voltio. Energía por unidad de carga entre dos puntos.
- μA:* Microamperios. Unidad de medida de corriente eléctrica de menor magnitud.
- dB:* Decibelio. Unidad adimensional logarítmica que mide la relación de dos niveles de intensidad sonora.
- dB(A:* Decibelio ponderado A. Unidad de medida del nivel de ruido que se ajusta para reflejar cómo el oído humano percibe los diferentes sonidos
- mA:* Miliamperios. Unidad de medida de corriente eléctrica.



## CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Planteamiento del problema

En la Universidad Centroamericana José Simeón Cañas (UCA) se requiere de un ambiente adecuado que favorezca el aprendizaje y la concentración de los estudiantes. Sin embargo, en el edificio Jon de Cortina, específicamente en el área de laboratorios, se ha identificado una problemática persistente relacionada con los altos niveles de ruido. Este problema se origina principalmente en el comportamiento de los estudiantes durante los cambios de clase y las horas de descanso, sumado a la arquitectura del edificio, caracterizada por pasillos largos y espacios abiertos que amplifican el sonido. Como resultado, las áreas comunes del edificio se ven constantemente afectadas, lo que genera un ambiente poco favorable para el estudio.

El exceso de ruido interfiere en la experiencia educativa, ocasiona molestias auditivas y dificultades en la concentración, lo cual repercute negativamente en los procesos de aprendizaje. De acuerdo con la teoría constructivista de Piaget, el aprendizaje se desarrolla a partir de la interacción activa del estudiante con el entorno. En este sentido, la distracción o la mala captación de estímulos afecta tanto procesos mentales básicos (sensación, atención, concentración y memoria) como procesos complejos (pensamiento, lenguaje e inteligencia) (Lucic Oliva, 2009).

Asimismo, la American National Standards Institute (ANSI) establece que niveles de ruido superiores a los 35 decibeles en espacios educativos afectan habilidades esenciales como la memoria y la comprensión lectora (Schirn, 2023). Esto no solo dificulta la concentración y la retención de información en los estudiantes, sino que también genera estrés en los docentes, quienes deben incrementar el esfuerzo para impartir las clases en un entorno inadecuado.

La persistencia de estas condiciones evidencia la necesidad de implementar estrategias que mitiguen los efectos del ruido en ambientes académicos. Entre las alternativas se encuentran la instalación de materiales acústicos, la reorganización espacial y, de manera más innovadora, el uso de sistemas tecnológicos de monitoreo de ruido. Estos permitirían registrar en tiempo real los niveles sonoros dentro del edificio y emitir alertas al superar los límites establecidos, promoviendo así un ambiente más tranquilo y el autocontrol en la comunidad estudiantil.

Abordar esta problemática no solo mejoraría la calidad del ambiente académico, sino que también fortalecería el bienestar de la comunidad universitaria al fomentar una cultura de respeto y de convivencia armónica. Por tanto, resulta relevante analizar la viabilidad técnica y los beneficios de posibles soluciones que contribuyan a transformar el edificio Jon de Cortina en un espacio más propicio para el aprendizaje.

## 1.2 Antecedentes

El proyecto de implementación de un sistema de monitoreo de ruido, cuenta con dos fases siendo este trabajo el sucesor de la primera fase.

En la primera fase de este proyecto se desarrolló un prototipo de un sistema de monitoreo de ruido donde se hizo uso del Internet de las cosas (IoT) por medio de microcontroladores ESP8266. El prototipo fue diseñado para medir los niveles de ruido en tiempo real y enviar alertas cuando se superan ciertos umbrales predefinidos. Se utilizaron sensores de sonido conectados a los microcontroladores para captar datos acústicos, que luego eran procesados y almacenados en una base local alojada en el servidor de la Universidad para el análisis y posterior visualización en un elaborado webservice gestionado por diversos super usuarios y usuarios administradores. Los resultados de dicho desarrollo demostraron como la contaminación auditiva ha estado y permanece presente en el entorno académico cotidiano del estudiantado UCA mediante la visualización de gráficos de datos continuos donde se muestran las frecuentes y altas variaciones en los decibeles de señales captadas por los sensores de captación acústica, así como también de las constantes alertas y datos recolectados en los diversos laboratorios de trabajo del departamento de electrónica e informática.

El objetivo de este trabajo de desarrollo a nivel técnico y social estuvo y estará centrado siempre en probar que las soluciones tecnológicas e informáticas son una de las mejores vías de crecimiento puesto que la finalidad de este prototipo es la reducción de consecuencias y la educación sobre los beneficios de prevenir la contaminación auditiva en entornos académicos.

Existen incluso otras iniciativas similares en otras instituciones académicas enfocados en recursos naturales o ambiente que se han centrado en determinar las consecuencias de la contaminación auditiva en la fauna y flora de ciertos ecosistemas y también como afecta en zonas urbanas, de concentración de masas, residencias, centros hospitalarios, etc, se evidencia con el caso del proyecto "Diseño del sistema inteligente de monitoreo de calidad ambiental del distrito de Cartagena" un proyecto respaldado por la Universidad de Cartagena, Colombia. Dicho proyecto se centralizó en llevar los esfuerzos para poder tener un sistema de monitoreo de ruido con el fin de entender cuáles eran las consecuencias presentes de la contaminación acústica sobre el medio ambiente y zonas tales como hospitales, bibliotecas, sanatorios, residenciales para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes, zonas industriales, zonas comerciales, zonas institucionales, suburbios, etc. La infraestructura usada en este proyecto estuvo conformada por una serie de Estaciones de Monitoreo de Ruido (EMR) para la recolección de datos acerca de los niveles de ruido y condiciones meteorológicas simultáneamente. Los datos eran transmitidos a través de una red móvil (GPRS o GSM) a un centro de datos, en la que por medio de un software de monitoreo de ruido eran procesados e identificada la ubicación mediante georreferenciación y con la ayuda de un Servidor WEB conectado a las EMR a través de la red móvil se enviaba la información para que posteriormente se mostrara con la respectiva ubicación en una determinada

interfaz de usuarios (Cartagena, 2015).

El diagrama de la infraestructura es el siguiente:

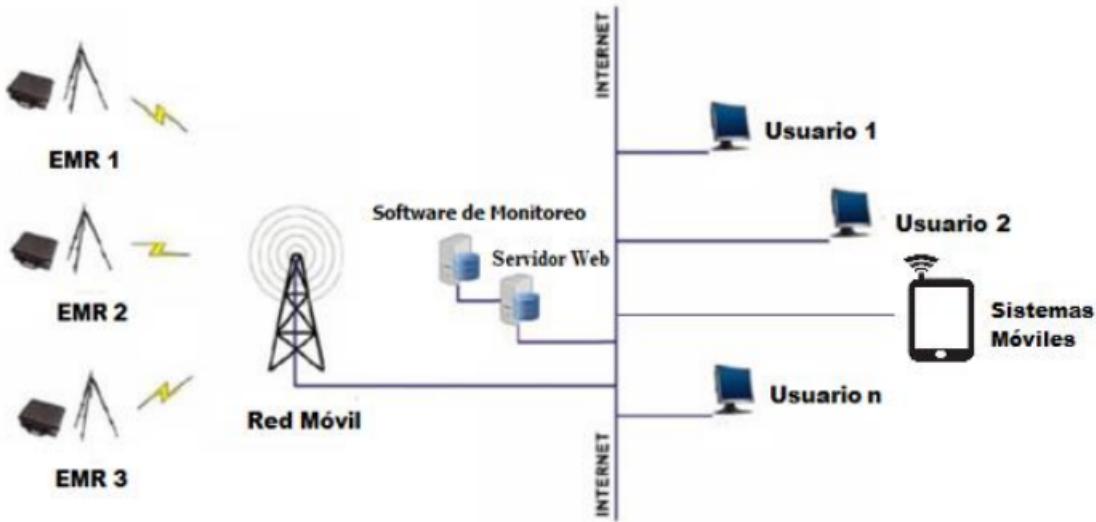


Figura 1.1 Infraestructura típica de un sistema de monitoreo inteligente de ruido.. Fuente: [(Cartagena, 2015)]

### 1.3 Alcances y limitaciones

#### 1.3.1 Alcances

El presente proyecto se enfoca en el análisis del ruido generado en el área de los laboratorios del DEI, se retoman los apartados desarrollados en la primera fase los cuales serán considerados como base para esta segunda etapa del proyecto.

- Medición de niveles de ruido: Se utilizarán sensores de sonido conectados a microcontroladores ESP8266 para captar datos acústicos en tiempo real en los diferentes laboratorios del DEI para monitorizar los ruidos generados por el alumnado.
- Generación de alertas: Cuando los niveles de ruido excedan el umbral permitido, el sistema enviará notificaciones automáticas por correo electrónico.
- Recolección y presentación de datos: Se implementará un servicio que almacenará y procesará los datos de sonido recogidos por los sensores, gestionará la información de reservas y administrará el envío de notificaciones. Asimismo, se desarrollará una interfaz web que permitirá visualizar los niveles de ruido por zona, gestionar configuraciones y consultar registros históricos.
- Cobertura de monitoreo: el dispositivo ESP8266 se implementará la instalación en el área de los laboratorios del DEI, el monitoreo empezará a recopilar cuando el laboratorio no se encuentra

reservado para uso.

### **1.3.2 Limitaciones**

El sistema busca ofrecer una solución efectiva para el monitoreo de ruido en los laboratorios, sin embargo, existen ciertas limitaciones que deben considerarse:

- Precisión de los sensores: Al ser sensores de uso educativo, tienen limitantes por ejemplo en la calibración, la resolución y la sensibilidad a interferencias de otros ruidos ambientales.
- Dependencia de la API de la universidad: La disponibilidad y estabilidad de la API interna de la universidad pueden afectar la obtención de datos en tiempo real sobre la existencia y el estado de reservas en las zonas configuradas.
- Tiempo de desarrollo: Debido a las limitaciones de tiempo para la ejecución del proyecto, se priorizaron las funcionalidades esenciales, por lo que las mejoras y optimizaciones se consideran una base para futuras iteraciones.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general**

Desarrollar e implementar un sistema de monitoreo de ruido basado en tecnología IoT en la Universidad Centroamericana José Simeón Cañas (UCA), por medio de la integración del prototipo existente con los servicios institucionales, para garantizar la recolección, análisis y visualización de datos, lo que permitirá generar alertas oportunas al personal administrativo sobre niveles elevados de ruido en los espacios designados.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Vincular el dispositivo de monitoreo de ruido de la UCA a los servidores institucionales para el almacenamiento y gestión de datos.
- Diseñar y fabricar una cubierta para el dispositivo que asegure durabilidad, practicidad y buen funcionamiento del dispositivo.
- Completar la soldadura y el ensamblaje final del prototipo, lo que asegura que el dispositivo funcione correctamente.

## CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Definición de ruido

El término "ruido" significa simplemente "ruidos molestos". El ruido ambiental incluye, por ejemplo, el ruido del tráfico (vehículos de motor, trenes, aviones), el ruido industrial (máquinas) o el ruido del ocio (gritos fuertes o música, etc.). Sin embargo, la evaluación de la música en particular depende obviamente en gran medida de la percepción subjetiva; si es agradable, se llama "sonido" - de lo contrario "ruido". Dependiendo del país, hay diferentes regulaciones y leyes para regular el ruido ambiental.

Estos se diferencian entre distintos niveles, inician con ruidos molestos que perturban las actividades humanas o la vida silvestre, aumentan los niveles de estrés o de agresión o conducen a la alta presión sanguínea. En casos extremos, los niveles de ruido muy altos pueden tener efectos negativos duraderos en la salud, como la pérdida de audición, el tinnitus, los trastornos del sueño, el estrés agudo, los trastornos cardiovasculares o las enfermedades vasculares. En la naturaleza, el ruido provoca un aumento de la tasa de mortalidad tanto en los animales de presa como en los herbívoros debido a una percepción deteriorada, un comportamiento de apareamiento alterado o a la pérdida del sentido de orientación o de la audición.

### 2.2 El impacto del ruido fuerte en la salud

La contaminación sónica es uno de los grandes problemas en la sociedad moderna a escala mundial.

El reconocimiento del ruido como un peligro para la salud es reciente y los efectos han pasado a ser considerados un problema sanitario cada vez más importante. Dicha contaminación es la primera causa de contaminación ambiental en Francia, y la segunda en toda Europa. De forma global, Japón es el país más ruidoso del mundo, seguido de España, considerando a Madrid una de las capitales más ruidosas en todo el mundo, según estudios realizados por la OMS.

El ruido se define como un sonido indeseable, el sonido viaja en forma de ondas en el medio aéreo (o los cambios de presión) lo que produce la vibración del tímpano, el tímpano transfiere estas vibraciones a tres huesos minúsculos en el oído medio, los que a la vez comunican las vibraciones al fluido contenido en la cóclea (en el oído interno). Dentro de la cóclea se hallan las pequeñas terminales nerviosas usualmente conocidas como células ciliadas. Ellas responden a las vibraciones del fluido quienes envían los impulsos nerviosos al cerebro que entonces interpreta los impulsos como sonido o ruido.

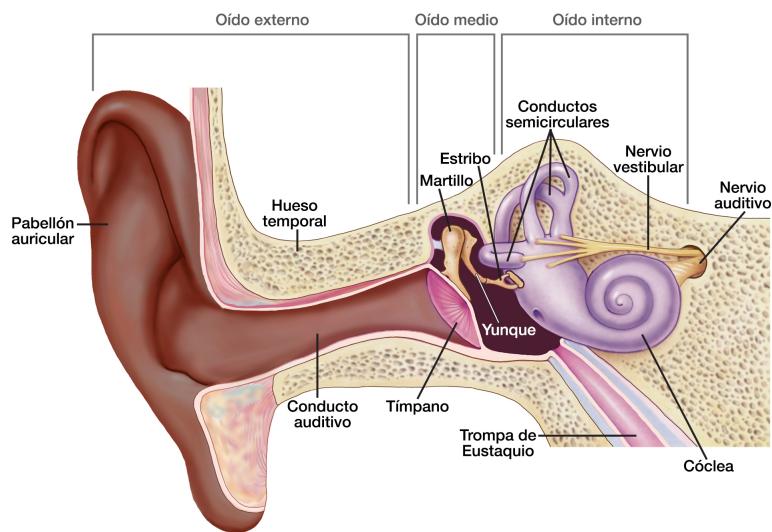


Figura 2.1 Partes del oído.. Fuente: [(on Deafness & (NIDCD), 2022)]

El ruido es considerado un peligro para la salud humana y sus efectos son catalogados como un problema sanitario cada vez más agravante. Puede causar desde insomnio, ansiedad, depresión, estrés, entre otros efectos psicológicos, hasta la pérdida parcial o total de la audición. Un ambiente que sobrepase los 55 decibelios (dB) es considerado un ambiente ruidoso, de 75 a 100dB es considerado un ambiente con ruido fuerte y superior a los 100dB es considerado un ambiente con ruido intolerable.

### **2.2.1 Normativa de ruido según la OMS**

Más de 1000 millones de personas de edades comprendidas entre los 12 y los 35 años corren el riesgo de perder la audición debido a la exposición prolongada y excesiva a música fuerte y otros sonidos recreativos, lo que puede acarrear consecuencias devastadoras para la salud física y mental, educación y perspectivas de empleo.

En la Norma mundial para la escucha segura en lugares y eventos de entretenimiento se subrayan seis recomendaciones para velar por que dichos lugares y eventos limiten el riesgo de pérdida de audición entre sus clientes sin perder por ello la alta calidad del sonido y que la experiencia deje de ser agradable. Son las seis recomendaciones siguientes:

- Un nivel sonoro medio máximo de 100 decibelios
- Seguimiento y registro constante de los niveles sonoros con equipos calibrados por personal designado a tal efecto
- Optimización de la acústica y los sistemas de sonido de la sala para garantizar una calidad de

sonido agradable y una escucha segura

- Entrega al público de protección auditiva personal, junto con instrucciones de uso
- Acceso a zonas silenciosas para que los oídos descansen y disminuir el riesgo de daño auditivo.
- Formación de los trabajadores y distribución de información entre ellos.

La nueva norma se ha elaborado en el marco de la iniciativa de la OMS "*Escuchar sin riesgos*", que tiene por objeto mejorar las prácticas de escucha, especialmente entre los jóvenes, apoyándose en las últimas evidencias y en consultas con diferentes partes interesadas, como expertos de la OMS, los gobiernos, la industria, los consumidores y la sociedad civil (World Health Organization, 2023).

Estas recomendaciones sirven como referencia internacional para el diseño de sistemas de monitoreo de ruido orientados a la prevención de riesgos auditivos.

### **2.3 Contaminación sonora y sus consecuencias**

En la investigación previa (fase 1) de este trabajo de graduación se establecieron las bases teóricas sobre el problema que representa la contaminación acústica, cómo se identifica, cuál es el origen o los factores que originan mayormente la contaminación auditiva, estándares internacionales del límite permisible o tolerable para los seres humanos en el estándar de medición de ruido (decibelios) y las consecuencias que trae consigo la contaminación auditiva (Carpio et al., 2025). Si ahondamos un poco en el tema, son muchas las consecuencias tanto leves como graves las que se generan por permitir o mantener la contaminación auditiva en un entorno de aprendizaje como lo es el campus UCA.

Una investigación y trabajo técnico identificado como "Afectación del ruido ambiental a Instituciones Educativas; conjunto de acciones desde la Participación Ciudadana y Centros Educativos" en Ecuador evidencia que la contaminación acústica o ruido ambiental como ellos suelen nombrarlo en su investigación desfavorece el rendimiento de estudiantes y además de docentes, causa fatigas, estífes y problemas de concentración, es importante destacar que la percepción de la afectación del ruido entre alumnos y maestros es:

Para maestros:

- El ruido es contaminante que afecta al estado de ánimo e interfiere con las actividades.
- El ruido provoca dolor de cabeza, estrés e irritabilidad.
- El ruido provoca afonías y dolores de garganta en el profesorado al tener que elevar la voz.
- El tráfico vehicular es un problema que genera contaminación del aire y ruido por sus motores y claxon.
- Informar, educar y concientizar son elementos claves para minimizar la problemática
- La sociedad en su conjunto es responsable de poner en práctica medidas para abatir la prob-

lemática.

Para alumnos:

- El ruido es un problema que interfiere con las actividades
- El ruido provoca dolor de cabeza y distracción.
- El ruido provoca menor rendimiento escolar y, por lo tanto, mayor fracaso.
- Ven incrementado drásticamente el nivel de irritabilidad y agresividad.
- El ruido produce más dificultades para niños con necesidades educativas especiales.
- Atendiendo medidas disciplinares en casa y escuela, y con no gritar contribuyo a disminuir la problemática.

Además destacan que la contaminación acústica incide de manera directa en la formación de los estudiantes, atenta de manera negativa en el rendimiento escolar, debido a que un sonido no deseado es capaz de captar la atención de las personas de forma involuntaria, se crea una distracción, perdiendo la concentración en la tarea que se realizaba. Resaltan que la contaminación acústica ha aumentado significativamente en los últimos años y el incremento se debe a factores tales como: crecimiento poblacional, incremento de actividades que usan métodos mecánicos, y el uso masivo de vehículos.

La contaminación acústica incide de manera directa en la calidad y estilo de vida de la población, ejemplo de esto es la influencia de la contaminación acústica en las comunidades lo que afecta aspectos cotidianos como la comunicación oral, el sueño, la concentración y el aprendizaje primordialmente.

Inclusive dicha investigación contó con una recolección y muestreo de datos para poder validar la hipótesis implícitamente planteada sobre las consecuencias de la contaminación acústica y la afectación en el aprendizaje. El muestreo reveló que la mayor parte de los individuos inmiscuidos en el área académica (maestros y alumnos) reconocen que la contaminación acústica les ha afectado y seguirá afectado los métodos de aprendizaje y desarrollo académico y que es necesario tomar medidas de prevención tales como realizar campañas informativas sobre la contaminación acústica, las consecuencias y maneras de prevención, jornadas educativas para comprender los efectos negativos de la contaminación auditiva, desarrollar hábitos para respetar y perdurar el silencio en entornos de desarrollo académico y grupos de trabajo conformados por jóvenes y docentes capacitados en la prevención de la contaminación acústica para maximizar el alcance de la educación sobre prevención y reducción de la contaminación auditiva. (Aldaz et al., 2023)

## 2.4 Efecto del ruido en los estudiantes y su aprendizaje

Como situación internacional, una investigación realizada en 2002 por el doctor Alain Muzet, del Centro de Estudios Bioclimáticos en Francia, demostró que los niños cuyos centros escolares se encuentran próximos a zonas ruidosas (industrias, aeropuertos o carreteras con alto tránsito) presentan mayores dificultades en el aprendizaje de la lectura, muestran niveles más altos de agresividad y fatiga, son más propensos a las peleas y riñas, tienden al aislamiento y experimentan problemas en sus relaciones sociales (Lucic Oliva, 2009).

El sonido ha sido definido como movimiento; sin movimiento no hay sonido. La vida cotidiana está rodeada de estímulos sonoros, lo que convierte al mundo en un entorno eminentemente acústico. Este entorno es relevante porque la información auditiva que perciben los individuos puede verse distorsionada si contiene errores, lo cual afecta directamente a la cognición y, en consecuencia, al aprendizaje. Por ello, el ruido puede vincularse con el rendimiento académico de los estudiantes. Entre los efectos identificados en niños en etapa preescolar y escolar se encuentran los siguientes:

- **Deterioro auditivo:** la exposición continua a ruidos intensos afecta los umbrales de audición, obliga a los niños a escuchar físicamente menos sonidos. Este fenómeno es provocado principalmente por juguetes ruidosos y equipos presentes en su entorno. Se ha determinado que el deterioro auditivo comienza a manifestarse a partir de los 70 dB(A).
- **Alteraciones del sueño:** en condiciones experimentales se ha observado que los niños expuestos a ruidos de hasta 95 dB durante la fase REM presentan variaciones significativas en su patrón de descanso, lo cual afecta su recuperación física y mental.
- **Efectos somáticos relacionados con el estrés:** la exposición al ruido del tráfico, tanto dentro como fuera de las aulas, incrementa la presión sanguínea sistólica y diastólica, lo que genera consecuencias fisiológicas asociadas al estrés.
- **Efectos cognitivos en la lectura:** diversos estudios han demostrado una correlación negativa entre la exposición al ruido y el desarrollo de habilidades lectoras en los niños, lo que dificulta la adquisición de competencias fundamentales para el aprendizaje.
- **Memoria:** investigaciones han mostrado que la exposición al ruido de aviones, incluso en simulaciones de corta duración (15 minutos, con intensidades de 55 a 66 dB), afecta la retención de la memoria a corto y largo plazo, particularmente en tareas de tipo visual.
- **Atención:** los niños sometidos a altos niveles de ruido experimentan dificultades en la codificación visual de objetos y en el tiempo que logran mantener la concentración en actividades específicas, como la discriminación auditiva o visual.
- **Motivación:** tanto estudios de laboratorio como de campo han revelado que la exposición crónica al ruido reduce la motivación en los niños, quienes se muestran menos dispuestos a enfrentar situaciones desafiantes o prolongadas. Además, se ha observado que el ruido incrementa los niveles de frustración durante la ejecución de tareas.

Finalmente, diversos autores señalan que los mecanismos y procesos subyacentes afectados por el ruido incluyen la percepción, el habla y la adquisición del lenguaje, lo cual repercute negativamente en el aprendizaje de la lectura y en procesos cognitivos de mayor complejidad, como la memoria a largo plazo y la comprensión semántica.

En el caso de niños sin alteraciones auditivas congénitas, se ha encontrado una fuerte correlación entre el ruido del tráfico y la capacidad de discriminar el habla. Asimismo, la exposición prolongada a entornos ruidosos influye en el desarrollo de estrategias cognitivas para "ignorar" el ruido ambiental; sin embargo, este mecanismo no solo reduce la percepción de sonidos molestos, sino que también limita la capacidad de captar información relevante para el aprendizaje.

## 2.5 Internet de las cosas (IoT)

El Internet de las Cosas (IoT) se define como una red de objetos físicos que incorporan sensores, software y conectividad a Internet, lo que les permite recopilar, procesar y compartir datos de manera automática.

Estos dispositivos, comúnmente denominados objetos inteligentes, abarcan desde soluciones sencillas como dispositivos de hogar inteligente (por ejemplo, termostatos inteligentes), dispositivos portátiles como relojes inteligentes y prendas con tecnología RFID, hasta sistemas complejos utilizados en entornos industriales, maquinaria especializada y medios de transporte. Asimismo, el desarrollo del IoT ha dado lugar al concepto de ciudades inteligentes, en las cuales la infraestructura urbana se apoya en dispositivos interconectados para optimizar servicios y recursos (IBM, s.f.).

El IoT posibilita que estos dispositivos se comuniquen entre sí y con otros sistemas conectados a Internet, como teléfonos inteligentes y servidores, forman una red interconectada capaz de intercambiar información y ejecutar distintas tareas de manera autónoma. Esta capacidad de comunicación e interacción permite mejorar la eficiencia, el control y la automatización de múltiples procesos en diversos ámbitos, como por ejemplo:

- Controlar las condiciones medioambientales en explotaciones agrícolas.
- Gestionar patrones de tráfico mediante vehículos inteligentes.
- Supervisar máquinas y procesos industriales.
- Realizar el seguimiento de inventarios y envíos.

### 2.5.1 Arquitectura IoT

La arquitectura del Internet de las Cosas (IoT) se concibe como un proceso integrado compuesto, generalmente, por cuatro capas o fases fundamentales, las cuales permiten la captura, transmisión,

procesamiento y análisis de la información generada por los dispositivos conectados.

- **Capa 1. Sensores y actuadores.** Esta capa constituye la base de la arquitectura IoT. Los sensores son dispositivos diseñados para medir o detectar magnitudes físicas o químicas del entorno, tales como la temperatura, la intensidad lumínica, la posición o la composición química. Por su parte, los actuadores permiten transformar energía en acciones concretas, posibilita la automatización de procesos, como el control del flujo eléctrico mediante relés. Ambos elementos trabajan de forma conjunta para supervisar y controlar procesos específicos en el entorno físico.
- **Capa 2. Sistemas de adquisición de datos.** En esta fase, los sistemas de adquisición de datos se encargan de recopilar la información analógica obtenida por los sensores y convertirla en datos digitales. Posteriormente, esta información es transmitida a través de una pasarela de comunicación, ya sea cableada o inalámbrica, hacia los niveles superiores del sistema IoT.
- **Capa 3. Análisis en la frontera (Edge Computing).** Debido al gran volumen de datos que pueden generarse, resulta necesario realizar un procesamiento previo con el fin de reducir la cantidad de información que será enviada a la nube o a un centro de datos.
- **Capa 4. Análisis en el centro de datos o en la nube.** La última capa corresponde al almacenamiento, gestión y análisis avanzado de los datos. En esta etapa se utilizan infraestructuras más complejas que permiten procesar la información proveniente de múltiples dispositivos IoT. A partir de estos datos, es posible identificar patrones de comportamiento, generar reportes y detectar anomalías que faciliten la toma de decisiones (UNIR Revista, 2023).



Figura 2.2 Arquitectura IoT. Fuente: [IoT Projects, 2026]

## 2.6 Sistema de monitoreo de ruido

En la fase 1 de este proyecto, se menciona acerca de la salud auditiva, el concepto del ruido y la medición del ruido utiliza la escala estandarizada basada en la unidad logarítmica para medir el sonido que son los decibelios (dB) (Carpio et al., 2025). Un sistema de monitoreo de ruido como tal concatena diversos términos y conocimientos a tomar en cuenta como lo son los siguientes:

- **Monitoreo del ruido.** El monitoreo del ruido implica el control del sonido a largo plazo sin necesidad de interacción humana. Hay dos tipos principales de control del sonido: el control del lugar de trabajo y el control del ruido ambiental, cada uno de los cuales depende de la ubicación de la fuente de sonido. El monitoreo del ruido ambiental es uno de los tipos más comunes de vigilancia del medio ambiente y se lleva a cabo con mayor frecuencia mediante un sistema de monitoreo (SVANTEK, 2025).
- **Sistema de monitoreo de ruido.** El sistema de monitoreo, tal como se describe en la norma ISO 1996-2, comprende un monitor de ruido y un centro de recogida de datos, así como todo el hardware y el software utilizados para el monitoreo del ruido ambiental (SVANTEK, 2025). Un sistema de monitoreo de ruido en línea es una tecnología avanzada que permite detectar y analizar continuamente los niveles de ruido en diversos contextos. Mantener este sistema en funcionamiento es fundamental para cumplir con las restricciones de ruido, especialmente en entornos urbanos, industriales y de construcción. Las ventajas de este enfoque son que no es necesario instalar ningún software, se puede acceder a los informes desde cualquier lugar con conexión a Internet y se pueden compartir los resultados fácilmente (Tech, 2024).
- **Monitor de ruido.** El término monitor de ruido, también llamado "Terminal de Monitoreo de Ruido" (NMT), se refiere a la instrumentación utilizada para el monitoreo continuo automatizado del sonido, que registra los niveles de presión sonora ponderados A, sus espectros y todas las cantidades meteorológicas relevantes como velocidad y dirección del viento, lluvia, humedad y estabilidad atmosférica (SVANTEK, 2025). El objetivo de un monitor de ruido es proporcionar datos sobre el nivel de ruido en un lugar para poder compararlo con los límites establecidos. En este caso, el sensor MAX9814 funge como monitor de ruido, cuyas características y capacidades se mencionaron en la fase 1 de este trabajo (Carpio et al., 2025).
- **Vigilancia del ruido.** El monitoreo del ruido debe ocurrir siempre que exista el riesgo de sobrepasar los límites de los niveles de ruido. Como resultado de los estudios sobre las conexiones entre el ruido y la salud, así como de los procedimientos de elaboración de políticas en varios países, los gobiernos han establecido valores límite nacionales y reglamentos para el ruido ambiental. Dependiendo de la normativa local, los límites de dB permitidos para el ruido ambiental pueden variar. Normalmente, para el día, el límite de dB permitido es de 65 dBA, y para los niveles de ruido nocturnos, de 55 dBA. El control de la calidad del ruido es el proceso de vigilancia continua de los niveles de ruido en un entorno para garantizar que se mantienen dentro

de los límites aceptables (SVANTEK, 2025).



Figura 2.3 Sensor MAX9814 Amplificador de micrófono.. Fuente: [(SVANTEK, 2025)]

## 2.7 Beneficios de un sistema de monitoreo de ruido

Dado que la monitorización de ruido representa en general una medida de prevención y reducción de la contaminación sonora, existen más beneficios en cuanto al rendimiento, fiabilidad y facilidad de uso de estos sistemas (para el caso del presente trabajo aplican los beneficios a mencionar), estos son:

- **Alertas y notificaciones:** El sistema puede configurarse para enviar correos electrónicos o alertas SMS a los administradores del sistema de monitoreo cuando los niveles de ruido superan los límites establecidos, lo que garantiza que los niveles de ruido excesivos se reduzcan rápidamente (Tech, 2024)
- **Acceso y control remotos:** Con conectividad a Internet, estos sistemas permiten el acceso remoto a los datos de ruido, lo que permite a los usuarios monitorear y administrar los niveles de ruido desde cualquier ubicación. (Tech, 2024)
- **Monitoreo en tiempo real:** El sistema registra continuamente los niveles de ruido, proporciona actualizaciones en tiempo real que ayudan en la evaluación y respuesta inmediata a la contaminación acústica. (Tech, 2024)

- **Registro y análisis de datos:** Registra automáticamente los datos de ruido a lo largo del tiempo, lo que facilita el análisis detallado y la generación de tendencias de los niveles de ruido. Esta función es esencial para comprender patrones e identificar fuentes específicas de ruido. (Tech, 2024). Para el caso de este proyecto en la fase 1 se demostró que con los datos recopilados a lo largo del tiempo se generan y muestran gráficos de barras y líneas con los datos recopilados facilitan la comprensión de las tendencias de aumento y decremento de sonidos en los laboratorios del departamento de electrónica e informática (Carpio et al., 2025)



Figura 2.4 Componente de gráfica de línea.. Fuente: [(Carpio et al., 2025)]

## Ruido por ubicación

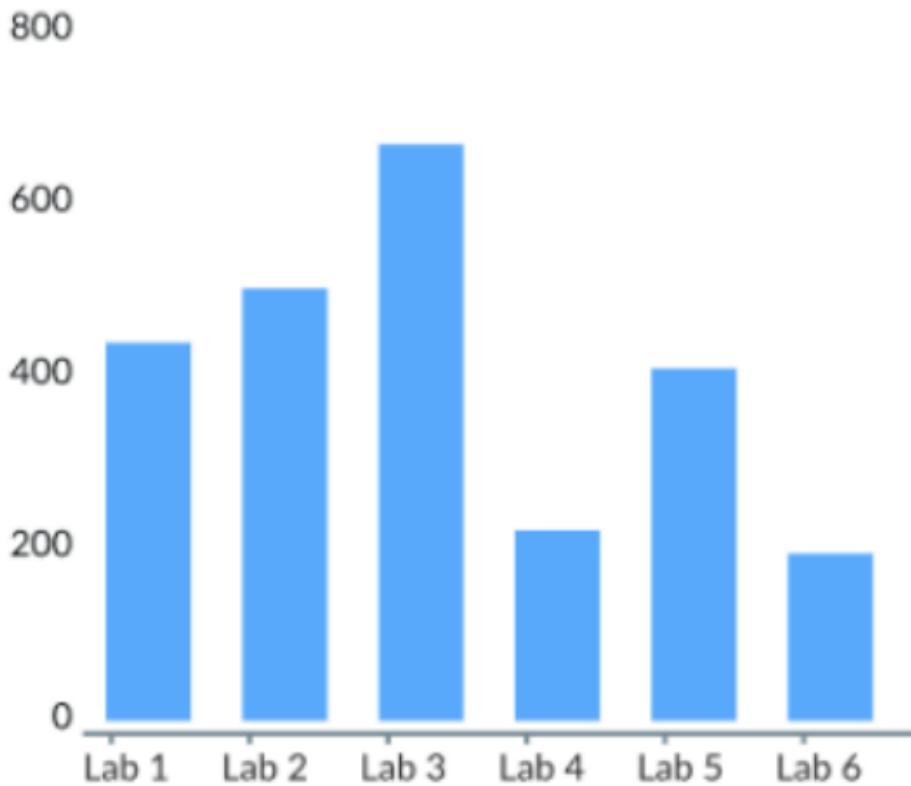


Figura 2.5 Componente de gráfica de barras.. Fuente: [(Carpio et al., 2025)]

## 2.8 Microcontroladores

### 2.8.1 ESP8266

El ESP8266 es un microcontrolador desarrollado por la empresa china Espressif Systems, con sede en Shanghái. Aunque su diseño se realizó con anterioridad, su producción en masa comenzó a principios del año 2014, momento en el cual se presentó como una solución eficiente para la automatización de redes Wi-Fi. Este dispositivo puede funcionar como un puente de comunicación entre microcontroladores tradicionales o, alternativamente, tiene la capacidad de ejecutar aplicaciones de forma independiente.

En su forma original de fábrica, el ESP8266 presenta limitaciones para su uso directo, ya que se comercializa como un chip SMT (Surface Mount Technology), encapsulado en un formato compacto

de aproximadamente cinco milímetros cuadrados. No obstante, diversos fabricantes han desarrollado placas de circuito impreso prefabricadas que integran este chip y facilitan su utilización. Gracias a estas placas, es posible emplear el ESP8266 tanto como un microcontrolador acoplado a otros sistemas como también como un sistema autónomo para el desarrollo de distintos proyectos y aplicaciones (ECORFAN, 2023) .

## 2.8.2 Especificaciones del ESP8266

Tabla 2.1 Características técnicas del ESP8266.

Voltaje	3.3 V
Consumo de corriente	10 $\mu$ A – 170 mA
Memoria Flash	16 MB máx. (512 k normal)
Procesador	Tensilica L106 32 bit
Velocidad del procesador	80 – 160 MHz
GPIOs	17
Analógico a digital	1 entrada con 10 bit de resolución (1024 valores)
Soporte de 802.11	b/g/n/d/e/i/k/r
Máximas conexiones simultáneas	5

Fuente: [(ECORFAN, 2023)]

- **Procesador** El sistema en un solo chip (System on a Chip, SoC) ESP8266EX incorpora un microcontrolador Tensilica Xtensa L106, el cual es un procesador de 32 bits con un conjunto de instrucciones de 16 bits.

El procesador del ESP8266 opera por defecto a una frecuencia de 80 MHz, aunque puede alcanzar hasta 160 MHz. Además, dispone de aproximadamente 80 kB de memoria DRAM (Data RAM) y 35 kB de memoria IRAM (Instruction RAM). La IRAM se carga durante el arranque con el código que el usuario desea mantener en el procesador; sin embargo, el microcontrolador también puede ejecutar instrucciones directamente desde la memoria flash externa, aunque a una velocidad inferior (ECORFAN, 2023).

- **Arquitectura** El ESP8266 cuenta con una arquitectura Harvard, lo que permite a la CPU leer instrucciones y acceder a los datos de memoria de manera simultánea, incluso en ausencia de memoria caché. Como resultado, este tipo de arquitectura puede ofrecer un mayor rendimiento en circuitos complejos, ya que las instrucciones y los datos no compiten por un único canal de acceso a memoria (ECORFAN, 2023).
- **Variantes** Tal como se ha mencionado, el ESP8266 es esencialmente un procesador; no obstante, su implementación varía según la placa de circuito impreso en la que se integre, dado que sus características físicas y de conectividad difieren entre modelos. Existen múltiples fabricantes que desarrollan distintas variantes basadas en el ESP8266. Entre los principales fab-

ricantes destaca AI-Thinker, empresa china reconocida a nivel mundial por su amplia gama de módulos de alta calidad. Asimismo, Wemos (China) y Olimex (Europa) ofrecen sus propias versiones. Por su parte, las compañías norteamericanas Adafruit y SparkFun también contribuyen al mercado con modelos adicionales de estas potentes tarjetas Wi-Fi. En las secciones siguientes se analizarán las principales variantes desarrolladas por AI-Thinker.

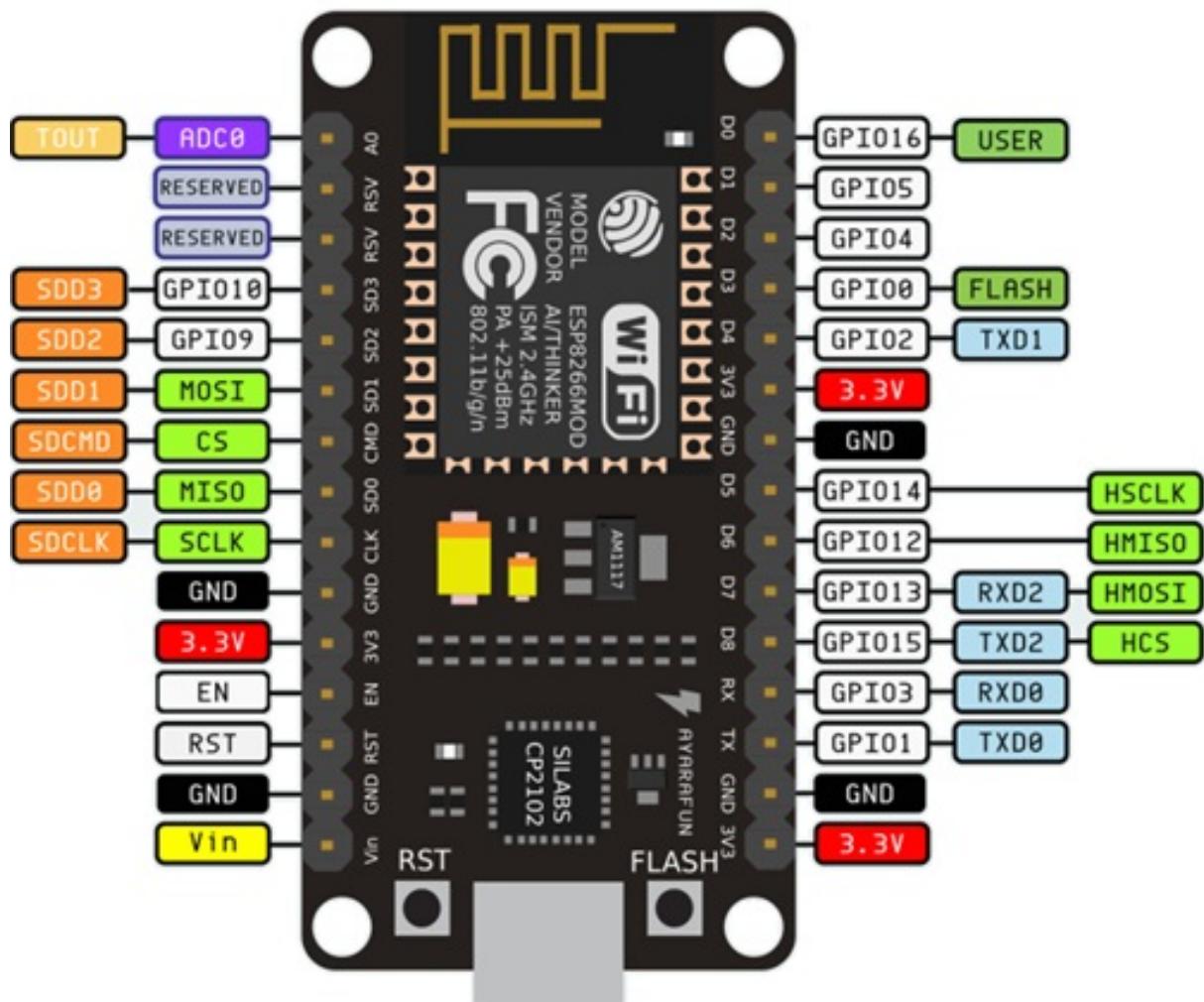


Figura 2.6 ESP8266 modulo WiFi.. Fuente: [(Mechatronics, 2023)]

En términos generales, el ESP8266 puede definirse como un microcontrolador que integra conectividad Wi-Fi. Al igual que otros microcontroladores, puede ser reprogramado según las necesidades del usuario. De forma predeterminada, el ESP8266 se distribuye con un firmware basado en comandos AT, el cual permite el control desde otro microcontrolador. No obstante, en este trabajo se abordará la programación directa del ESP8266 con el entorno de desarrollo Arduino IDE (Mechatronics, 2023).



## CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

### 3.1 Metodología Scrum

Scrum es un proceso en el que se aplican de manera regular un conjunto de buenas prácticas para trabajar colaborativamente, en equipo, y obtener el mejor resultado posible de un proyecto. Estas prácticas se apoyan unas a otras y su selección tiene origen en un estudio de la manera de trabajar de equipos altamente productivos (Proyectos Ágiles, 2021) .

En Scrum se realizan entregas parciales y regulares del producto final, priorizadas por el beneficio que aportan al receptor del proyecto. Por ello, Scrum está especialmente indicado para proyectos en entornos complejos, donde se necesita obtener resultados pronto, donde los requisitos son cambiantes o poco definidos, donde la innovación, la competitividad, la flexibilidad y la productividad son fundamentales.

Scrum también se emplea para resolver situaciones en las que la entrega al cliente no satisface adecuadamente las necesidades, las entregas se prolongan excesivamente, los costes se incrementan o la calidad no es aceptable; además, resulta útil ante la necesidad de una mayor capacidad de reacción frente a la competencia, en contextos donde la moral de los equipos es baja y la rotación es alta, así como para identificar y solucionar ineficiencias de forma sistemática o en aquellos casos en los que se busca trabajar utilizando un proceso especializado en el desarrollo de productos.

#### 3.1.1 Proceso SCRUM

En Scrum, un proyecto se desarrolla mediante ciclos temporales cortos y de duración fija, conocidos como iteraciones o sprints, los cuales suelen tener una duración de dos semanas, aunque en algunos equipos pueden extenderse hasta tres o cuatro semanas, siendo este el límite máximo recomendado para obtener retroalimentación del producto y realizar procesos de reflexión. Cada iteración debe generar un resultado completo y funcional, es decir, un incremento del producto que pueda ser entregado al cliente con el mínimo esfuerzo cuando este lo requiera.

Esta metodología se diferencia de otras por su enfoque en la entrega gradual de versiones funcionales del producto a lo largo del tiempo, se priorizan aquellas funcionalidades que aportan mayor valor al usuario final. Gracias a esta forma de trabajo, Scrum resulta especialmente adecuada para entornos dinámicos y desafiantes, donde se requieren avances rápidos, los requisitos pueden cambiar o no estar completamente definidos, y la adaptabilidad y la eficiencia son factores clave para el éxito del proyecto.

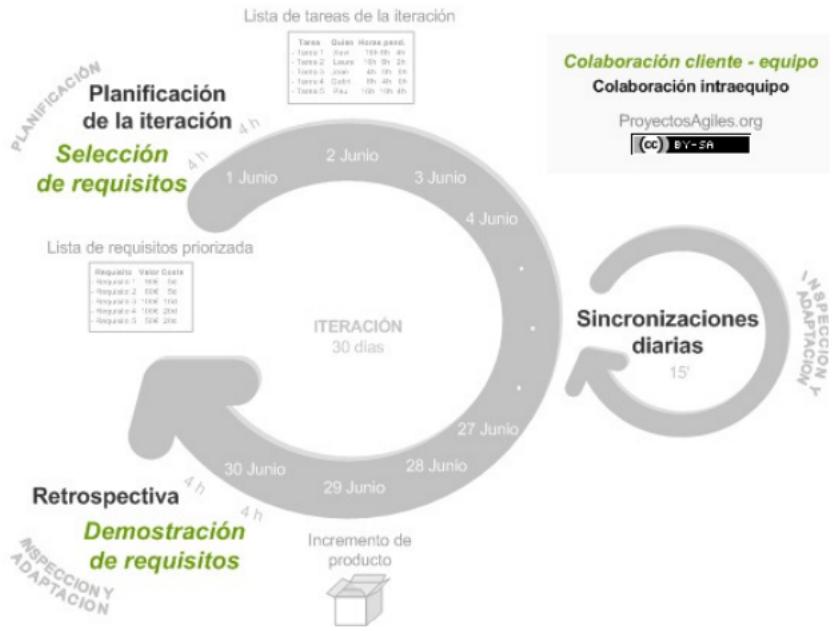


Figura 3.1 Proceso Scrum.. Fuente: [(Proyectos Ágiles, 2021)]

Cada día el equipo realiza una reunión de sincronización (15 minutos), normalmente delante de un tablero físico o pizarra (Scrum Taskboard). El equipo inspecciona el trabajo que el resto realiza (dependencias entre tareas, progreso hacia el objetivo de la iteración, obstáculos que pueden impedir este objetivo) para poder hacer las adaptaciones necesarias que permitan cumplir con la previsión de objetivos a mostrar al final de la iteración. En la reunión cada miembro del equipo responde a tres preguntas:

- ¿Qué he hecho desde la última reunión de sincronización para ayudar al equipo a cumplir su objetivo?
- ¿Qué voy a hacer a partir de este momento para ayudar al equipo a cumplir su objetivo?
- ¿Qué impedimentos tengo o voy a tener que impida conseguir el objetivo?

Durante la iteración el Facilitador (Scrum Master) se encarga de que el equipo pueda mantener el foco para cumplir con sus objetivos. Elimina los obstáculos que el equipo no puede resolver por sí mismo. Protege al equipo de interrupciones externas que puedan afectar el objetivo de la iteración o su productividad.

Durante la iteración, el cliente junto con el equipo refinan la lista de requisitos (para prepararlos para las siguientes iteraciones) y, si es necesario, cambian o replanifican los objetivos del proyecto (10% – 15% del tiempo de la iteración) con el objetivo de maximizar la utilidad de lo que se desarrolla y el

retorno de inversión.

Todo esto ayudó a que pudiéramos tener una mejor organización en las tareas a realizar, la cooperación de cada integrante del equipo y supervisar que las tareas se realizaran en el tiempo establecido, se garantiza así un trabajo exitoso.

### 3.2 Organización

La estructura organizacional que el equipo adoptó para este proyecto se definió bajo el enfoque de la metodología Scrum, estableciendo funciones claras y tareas específicas dependiendo de las habilidades de cada integrante del proyecto. Los roles que se definieron dentro de la organización fueron los siguientes:

#### 3.2.1 Roles Metodología Scrum

- Dueño del producto (Product Owner): Miguel Ernesto Rivas Serrano.
- Stakeholders: Miguel Ernesto Rivas Serrano.
- Facilitador del proceso Scrum (Scrum Master): José Heriberto Olivares Barrientos.
- Equipo de desarrollo:
  - José Heriberto Olivares Barrientos - Encargado de QA/Testing manual
  - Paula Daniela Zepeda Barrera - Encargada de QA/Testing manual
  - Julio Josué Chávez Flores - Encargado de QA/Testing automatizado, Modelador 3D y Técnico electrónico
  - Marcos Antonio Hernández Grande - Encargado de QA/Testing automatizado

Tabla 3.1 Roles SCRUM

Responsable	Rol
José Heriberto Olivares Barrientos	Encargado de QA/Testing manual
Paula Daniela Zepeda Barrera	Encargada de QA/Testing manual
Julio Josué Chávez Flores	Encargado de QA/Testing automatizado, Modelador 3D y Técnico electrónico
Marcos Antonio Hernández Grande	Encargado de QA/Testing automatizado

Fuente: [Elaboración Propia]

En la etapa del proceso Scrum se acordó realizar reuniones periódicas entre una y dos veces por semana, con el objetivo de definir las tareas y metas a cumplir, así como elaborar un cronograma de actividades que facilite la organización y el desarrollo del proyecto.

El trabajo se estructuró en sprints con una duración de 1 a 2 semanas, según el nivel de complejidad

de las actividades, y con una distribución colaborativa de tareas entre los integrantes del equipo.

Durante las reuniones, cada miembro compartía los avances logrados, las dificultades encontradas y se realizaba una revisión general del progreso del proyecto para así lograr un resultado exitoso.

La metodología Scrum desempeñó un papel fundamental en el desarrollo del proyecto, ya que su enfoque de trabajo iterativo y las entregas continuas facilitaron el cumplimiento de los objetivos planteados. Este modelo permitió realizar entregas constantes que aportaban valor al producto, además de adaptarse de manera eficiente a los cambios que surgieran durante el desarrollo, sin que estos representaran un inconveniente para el equipo ni para el proyecto. Asimismo, Scrum fomentó una comunicación constante entre todas las partes involucradas, fortaleció el trabajo colaborativo y permitió un mejor aprovechamiento del tiempo, lo que contribuyó a la obtención de un producto final acorde a las expectativas establecidas.

Como equipo, realizamos una reunión de inicio del trabajo, en esta reunión se consideraron diferentes tareas que se realizarían mediante todo el ciclo del proyecto, teniendo así una visión clara de lo que queríamos realizar y un tiempo establecido entre cada tarea, las diferentes tareas las podemos visualizar en el cronograma de actividades.

### 3.3 Cronograma de Actividades

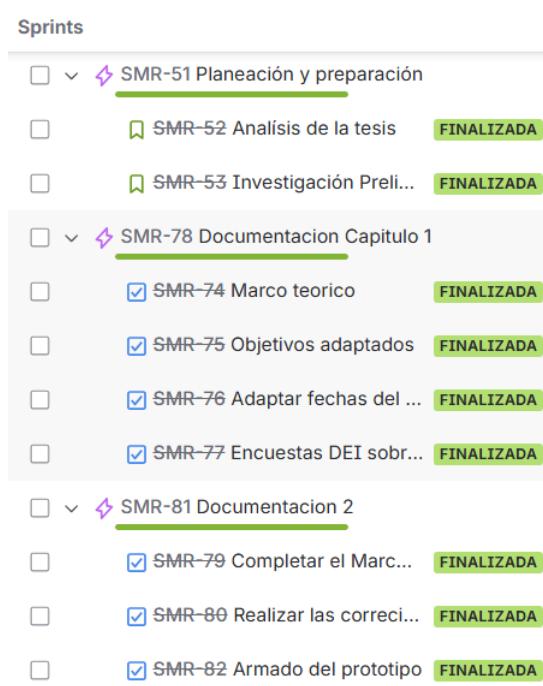


Figura 3.2 Cronograma de actividades.. Fuente: [Elaboración Propia]

<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> SMR-66 Revisión del sistema y código	<b>FINALIZADA</b>
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> SMR-9 Revisión del sistema...	<b>FINALIZADA</b>
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> SMR-28 revision de prototip...	<b>FINALIZADA</b>
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> SMR-29 revision de prototip...	<b>FINALIZADA</b>
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> SMR-30 Diagnostico de est...	<b>FINALIZADA</b>
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> SMR-31 Diagnostico de esta...	<b>FINALIZADA</b>
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> SMR-34 revision de prototip...	<b>FINALIZADA</b>
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> SMR-35 revision de prototip...	<b>FINALIZADA</b>
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> SMR-39 desarrollo de proto...	<b>FINALIZADA</b>
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> SMR-40 desarrollo de proto...	<b>FINALIZADA</b>
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> SMR-41 desarrollo de protot...	<b>FINALIZADA</b>
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> SMR-43 desarrollo de proto...	<b>FINALIZADA</b>
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> SMR-36 Diagnostico de pro...	<b>FINALIZADA</b>
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> SMR-37 Diagnostico de prot...	<b>FINALIZADA</b>

Figura 3.3 Cronograma de actividades.. Fuente: [Elaboración Propia]

<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> SMR-67 Prototipo inicial	<b>FINALIZADA</b>
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> SMR-10 Realizar placa para ...	<b>FINALIZADA</b>
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> SMR-11 Validar funcionamie...	<b>FINALIZADA</b>
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> SMR-60 Programar firmwar...	<b>FINALIZADA</b>
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> SMR-61 Montar el sensor co...	<b>FINALIZADA</b>
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> SMR-46 Implementacion d...	<b>FINALIZADA</b>
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> SMR-47 Implementacion de...	<b>FINALIZADA</b>
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> SMR-69 Diseño y relación PCB final	<b>FINALIZADA</b>
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> SMR-16 Fabricar PCB y sold...	<b>FINALIZADA</b>
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> SMR-48 Realizar conexión a...	<b>FINALIZADA</b>
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> SMR-38 Diseño de prototip...	<b>FINALIZADA</b>
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> SMR-17 Integración al proto...	<b>FINALIZADA</b>
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> SMR-33 diseño de prototipo...	<b>FINALIZADA</b>
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> SMR-54 Ajustar calibración ...	<b>FINALIZADA</b>
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> SMR-62 Realizar ajustes y p...	<b>FINALIZADA</b>
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> SMR-32 diseño de prototipo...	<b>FINALIZADA</b>

Figura 3.4 Cronograma de actividades.. Fuente: [Elaboración Propia]

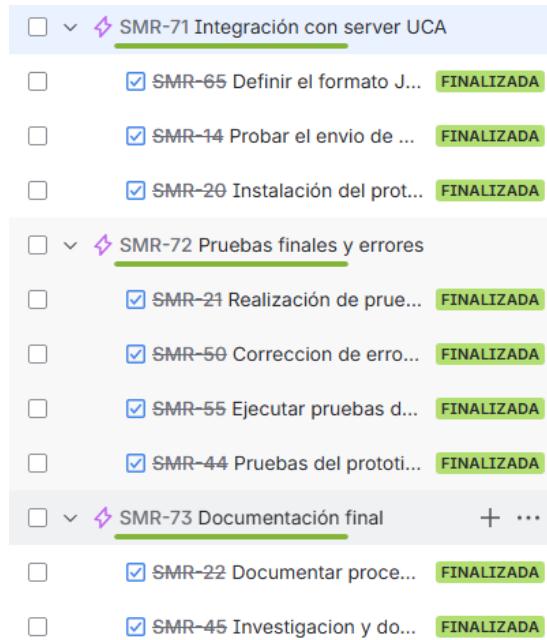


Figura 3.5 Cronograma de actividades.. Fuente: [Elaboración Propia]

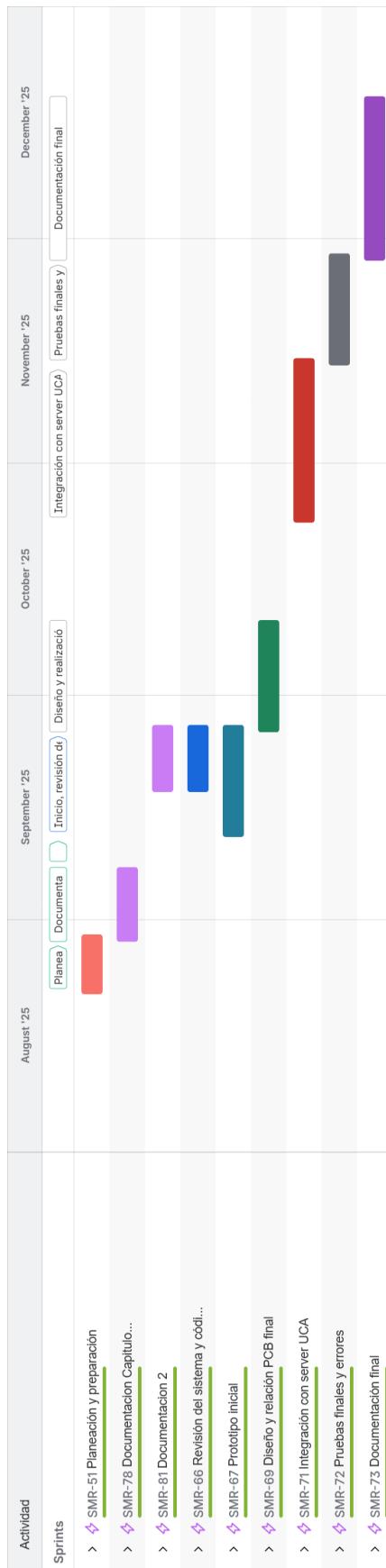


Figura 3.6 Cronograma de actividades.. Fuente: [Elaboración Propia]



## CAPÍTULO 4. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

### 4.1 Análisis de encuesta a estudiantes

Con el objetivo de conocer la percepción de los estudiantes respecto a la molestia ocasionada por el ruido en el edificio Jon de Cortina, y evaluar la viabilidad del proyecto propuesto, se aplicó una encuesta a una muestra de 71 estudiantes del Departamento de Ingeniería y Arquitectura. A continuación, se presentan y analizan los resultados.

**Pregunta 1.** ¿Con qué frecuencia hace uso del edificio Jon de Cortina?



Figura 4.1 Pregunta 1. Gráfico de resultados. Fuente: [Elaboración Propia]

Se puede observar que un 32% de los estudiantes encuestados hace uso de 1 a 2 veces por semana, mientras que un 31% lo hace ocasionalmente, lo cual indica que el uso es constante, más no continuo.

**Pregunta 2.** ¿Cuánto tiempo permaneces dentro del edificio?



Figura 4.2 Pregunta 2. Gráfico de resultados. Fuente: [Elaboración Propia]

El gráfico indica que un 72% permanece entre 1 y 2 horas, lo que coincide con la duración típica de los laboratorios.

**Pregunta 3.** ¿Cuáles son las principales actividades que realizas en el edificio?



Figura 4.3 Pregunta 3. Gráfico de resultados. Fuente: [Elaboración Propia]

Un 46% de los estudiantes tiene como principal actividad recibir laboratorios, lo que coincide con la permanencia de 1 a 2 horas dentro del edificio, mientras que un 37% utiliza el edificio para su estudio, lo cual aporta de manera significativa el desarrollo del prototipo.

**Pregunta 4.** ¿Consideras que el ruido ocasionado en el edificio Jon de Cortina afecta en el momento de realizar tus actividades?



Figura 4.4 Pregunta 4. Gráfico de resultados. Fuente: [Elaboración Propia]

Aunque un 49 % de los estudiantes indicó que el ruido no afecta directamente sus actividades, se infiere que las personas que usan el edificio para recibir prácticas de laboratorios, los resultados posteriores evidencian que existe una interferencia indirecta en la concentración y el proceso de enseñanza-aprendizaje, especialmente durante actividades académicas prolongadas.

**Pregunta 5.** ¿Qué tan intenso consideras que es el ruido generado en el edificio Jon de Cortina?

Tabla 4.1 Distribución de la percepción del nivel de ruido

Rango de valores	Nivel de ruido	Cantidad de Estudiantes
0 – 3	Ruido bajo	29
4 – 6	Ruido moderado	35
7 – 10	Ruido alto	7
<b>Total</b>		<b>71</b>

Fuente: [Elaboración Propia]

Los resultados muestran que la mayoría de los estudiantes percibe el nivel de ruido como moderado (49.3 %), seguido de una percepción baja (40.8 %). Sin embargo, un 9.9 % de los encuestados considera que el ruido es alto, lo cual evidencia la presencia de episodios de ruido que pueden afectar el entorno académico. Cabe destacar que la percepción del ruido puede estar influenciada por factores no contemplados en el presente estudio, como la cercanía a las mesas de trabajo o a la entrada del edificio, los cuales podrían incidir de manera significativa en la experiencia acústica de los estudiantes.

**Pregunta 6.** ¿Con qué frecuencia percibes demasiado ruido en el edificio Jon de Cortina?

Tabla 4.2 Frecuencia con la que los estudiantes perciben el ruido

Rango de valores	Frecuencia percibida	Cantidad de estudiantes
0 – 3	Poco frecuente	42
4 – 6	Moderadamente frecuente	20
7 – 10	Muy frecuente	9
<b>Total</b>		<b>71</b>

Fuente: [Elaboración Propia]

Los resultados indican que el 59.2 % de los estudiantes percibe el ruido con poca frecuencia, mientras que un 28.2 % considera que el ruido se presenta de manera moderada. Sin embargo, un 12.7 % de los encuestados manifiesta que el ruido es percibido con alta frecuencia. Esta percepción podría estar influenciada por variables no analizadas en el estudio, tales como la cercanía a las mesas de trabajo o a la entrada del edificio, factores que pueden incidir en la frecuencia con la que los estudiantes experimentan el ruido.

**Pregunta 7.** ¿Qué haces para manejar el ruido ocasionado en el edificio Jon de Cortina?

22 encuestados (31%) respondieron audífonos para esta pregunta.



Figura 4.5 Pregunta 7. Nube de respuestas. Fuente: [Elaboración Propia]

De un total de 71 estudiantes encuestados, el 31 % (22 estudiantes) indicó que utiliza audífonos como principal estrategia para manejar el ruido. Otras respuestas frecuentes incluyeron escuchar música, cambiar de aula, trasladarse a otro lugar, buscar espacios con menos personas o simplemente no realizar ninguna acción.

Los resultados reflejan que la mayoría de los estudiantes opta por soluciones individuales para enfrentar el problema del ruido, siendo el uso de audífonos la alternativa predominante. Esto sugiere que el ruido en el edificio Jon de Cortina es percibido como una problemática constante que afecta la concentración, lo que obliga a los estudiantes a adaptarse en lugar de contar con condiciones acústicas adecuadas.

Asimismo, la presencia de respuestas como el cambio de edificio o la búsqueda de otros espacios indica que el ruido puede llegar a interferir significativamente en el proceso de aprendizaje, lo cual respalda la necesidad de implementar medidas institucionales orientadas a la reducción del ruido ambiental.

En este sentido, los resultados obtenidos aportan evidencia empírica que respalda la urgencia de incorporar criterios de confort acústico en la gestión y planificación de los espacios universitarios. La implementación de medidas como acondicionamiento acústico, zonificación de actividades según niveles de ruido o políticas institucionales de control sonoro podría contribuir significativamente a mejorar la experiencia académica y favorecer un entorno más propicio para el aprendizaje.

**Pregunta 8.** En una escala del 1 al 5, elige la opción que mejor te parezca



Figura 4.6 Pregunta 8. Escala de Resultados. Fuente: [Elaboración Propia]

Los resultados permiten concluir que el ruido presente en el edificio Jon de Cortina interfiere de manera recurrente en el proceso de enseñanza-aprendizaje, lo que afecta la concentración de los estudiantes al momento de recibir laboratorios o estudiar.

**Pregunta 9.** ¿Consideras que la mayoría de los laboratorios libres solo son usados para actividades no académicas?



Figura 4.7 Pregunta 9. Gráfico de Resultados. Fuente: [Elaboración Propia]

Los resultados indican un 73% que opina que la mayoría de los laboratorios si son utilizados para fines académicos, como lo son los laboratorios impartidos por diferentes materias.

En conjunto, los resultados evidencian que el ruido presente en el edificio Jon de Cortina constituye un factor que interfiere, de forma directa e indirecta, en el desarrollo de las actividades académicas de los estudiantes. Si bien una parte de la población estudiantil no percibe una afectación inmediata, los datos reflejan la existencia de niveles de ruido moderados a altos en determinados momentos, lo que puede incidir negativamente en la concentración y en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

## 4.2 Análisis de encuesta a docentes

Se realizó una encuesta a docentes de la UCA cuyas oficinas se encuentran ubicadas dentro del edificio Jon de Cortina. La población encuestada estuvo conformada por 9 docentes del Departamento de Ingeniería y Arquitectura, cuyas respuestas se analizan a continuación.

**Pregunta 1.** ¿Cuánto tiempo permanece dentro del edificio Jon de Cortina?



Figura 4.8 Pregunta 1. Gráfico de Resultados. Fuente: [Elaboración Propia]

El 100% de los docentes encuestados pasan más de 5 horas al día en el edificio, debido a que son sus oficinas de trabajo.

**Pregunta 2.** ¿Con qué frecuencia percibe ruido en su oficina dentro del edificio Jon de Cortina?



Figura 4.9 Pregunta 2. Gráfico de Resultados. Fuente: [Elaboración Propia]

LOS resultados indican que los docentes perciben el ruido de manera recurrente, ya que el 44 % manifestó percibirlo ocasionalmente y otro 44 % con frecuencia, lo cual evidencia una exposición constante al ruido durante la jornada laboral.

**Pregunta 3.** ¿De dónde proviene principalmente el ruido que percibe? (puede marcar varias)



Figura 4.10 Pregunta 3. Gráfico de Resultados. Fuente: [Elaboración Propia]

Podemos observar que la mayor parte del ruido según los encuestados proviene de pasillos y áreas comunes un 44% siendo este el mayor generador de ruido.

**Pregunta 4.** ¿El ruido afecta su capacidad de concentración en el trabajo académico o de investigación?



Figura 4.11 Pregunta 4. Gráfico de Resultados. Fuente: [Elaboración Propia]

Un 56% de los encuestados opina que el ruido afecta ocasionalmente su capacidad de concentración en su trabajo académico, lo cual es un indicador de un problema de ruido en el edificio.

**Pregunta 5.** ¿Ha tenido dificultades para realizar reuniones, asesorías o videollamadas en su oficina debido al ruido?



Figura 4.12 Pregunta 5. Gráfico de Resultados. Fuente: [Elaboración Propia]

El 67% de los encuestados concluye que el ruido genera dificultades en sus actividades ocasionalmente, lo que lo hace un problema para la mayoría de docentes.

#### **Pregunta 6. ¿Qué tan molesto considera el nivel de ruido en el edificio?**

Tabla 4.3 Nivel de molestia del ruido percibido por los docentes

Rango de puntuación	Nivel de molestia	Cantidad de docentes
0 – 3	Baja molestia	3
4 – 6	Molestia moderada	3
7 – 10	Alta molestia	3
<b>Total</b>		<b>9</b>

Fuente: [Elaboración Propia]

Los resultados muestran una distribución equilibrada en la percepción de molestia del ruido entre los docentes encuestados. Un total de tres docentes calificó el ruido como de baja molestia, mientras que otros tres lo ubicaron en un nivel de molestia moderada. Asimismo, tres docentes reportaron niveles altos de molestia, con puntuaciones entre 7 y 10. Estos resultados evidencian que, aunque no todos los docentes perciben el ruido como altamente molesto, existe un grupo significativo para el cual el ruido representa una afectación importante en sus actividades académicas.

#### **Pregunta 7. ¿Con que frecuencia percibe ruido en el edificio Jon de Cortina?**

Tabla 4.4 Frecuencia con la que los docentes perciben ruido en el edificio

Rango de puntuación	Nivel de frecuencia	Cantidad de docentes
0 – 3	Baja frecuencia	2
4 – 6	Frecuencia moderada	3
7 – 10	Alta frecuencia	4
<b>Total</b>		<b>9</b>

Fuente: [Elaboración Propia]

Los resultados muestran que la mayoría de los docentes percibe el ruido con una frecuencia moderada a alta. Cuatro docentes indicaron una alta frecuencia de ruido, mientras que tres lo ubicaron en un nivel moderado. Solo dos docentes perciben el ruido con baja frecuencia. Estos resultados evidencian que el ruido es un factor recurrente dentro del edificio y refuerza la necesidad de implementar medidas de monitoreo acústico.

En conjunto, los resultados evidencian que el ruido representa una problemática recurrente para el personal docente del edificio Jon de Cortina, afectando la concentración, la comunicación y el desarrollo de actividades como clases, reuniones y asesorías. La frecuencia y el nivel de molestia reportados refuerzan la necesidad de implementar mecanismos de monitoreo que permitan identificar y gestionar de forma objetiva las condiciones acústicas del entorno académico.

### 4.3 Conclusiones de las encuestas

Los resultados a partir de las encuestas aplicadas a estudiantes y docentes permiten evidenciar la viabilidad del proyecto propuesto. Los datos reflejan que el ruido presente en el edificio Jon de Cortina constituye una problemática real que afecta el proceso de enseñanza-aprendizaje, principalmente en términos de concentración, comunicación y desempeño académico.

Si bien una parte de los estudiantes manifiesta no verse afectado directamente, los resultados generales muestran que el ruido genera molestias recurrentes, obliga a los usuarios a adoptar soluciones individuales, como el uso de audífonos o el cambio de espacio. En el caso de los docentes, el impacto es más significativo debido a su mayor permanencia en el edificio, afecta actividades como reuniones, asesorías y videollamadas.

En este contexto, se justifica la implementación de un sistema de monitoreo de ruido basado en tecnologías IoT, el cual permita medir de forma objetiva los niveles de ruido, identificar patrones y contribuir a la toma de decisiones orientadas a la mejora de las condiciones acústicas del entorno académico.



## CAPÍTULO 5. PRUEBAS Y VALIDACIÓN DEL SISTEMA

### 5.1 Pruebas del sistema

El objetivo de este capítulo es verificar el correcto funcionamiento del sistema web desarrollado, evaluar las funcionalidades principales desde el punto de vista del usuario final. Las pruebas se realizaron para comprobar que el sistema cumple con los requisitos funcionales establecidos y responde adecuadamente ante distintas acciones del usuario.

Las pruebas realizadas fueron de tipo funcional manual, ejecutadas directamente desde un navegador web, debido a que el sistema se encuentra desplegado en un servidor y accesible a través de internet.

Este enfoque permitió simular el uso real del sistema por parte de los usuarios finales, valida la correcta interacción con la interfaz gráfica y la comunicación con el backend.

#### 5.1.1 Entorno de las pruebas y funcionalidades principales

- Sistema Operativo: Windows 11 y Windows 10
- Navegador Web: Google Chrome
- Servidor: Servidores de la UCA
- Base de Datos: MongoDB
- Acceso URL: <https://dei.uca.edu.sv/alarma>

Las pruebas se enfocaron en las funcionalidades principales del sistema, tales como:

- Inicio de sesión y logout del sistema
- Funcionalidad del dashboard del sistema
- Conexión del dispositivo con el sistema
- Configuración del dispositivo a través del sistema
- Funcionalidad del área de reservas

Cada caso de prueba fue identificado mediante un código único (CP-XX), y documentado indicando el objetivo, precondiciones, datos de entrada y resultados esperados, con el fin de asegurar la trazabilidad y correcta validación del sistema.

### 5.2 Casos de prueba del sistema

Los casos de prueba realizados al sistema son los siguientes:

## Caso de prueba 1

### Inicio de Sesión

Tabla 5.1 Caso de prueba CP-01: Inicio de sesión válido.

Elemento	Descripción
ID del caso de prueba	CP-01
Nombre del caso	Inicio de sesión válido
Objetivo	Verificar que un usuario previamente registrado pueda acceder al sistema mediante autenticación con Google.
Precondiciones	El usuario debe estar previamente registrado y el sistema disponible.
Datos de entrada	Cuenta de Google registrada en el sistema.
Resultado esperado	El sistema permite el acceso y redirige al usuario al dashboard principal.
Resultado obtenido	El sistema redirige correctamente al usuario al dashboard principal.
Estado	Aprobado

Fuente: [Elaboración Propia]

## Procedimiento

1. Acceder a la URL del sistema mediante un navegador web.
2. Seleccionar la opción "Iniciar sesión con Google".
3. Elegir una cuenta de Google previamente registrada.
4. Confirmar el acceso al sistema.

## Caso de prueba 2

### Inicio de sesión erróneo

Tabla 5.2 Caso de prueba CP-02: Inicio de sesión inválido.

Elemento	Descripción
ID del caso de prueba	CP-02
Nombre del caso	Inicio de sesión inválido
Objetivo	Verificar que el sistema deniegue el acceso a usuarios no registrados.
Precondiciones	El sistema debe encontrarse en funcionamiento.
Datos de entrada	Cuenta de Google no registrada en el sistema.
Resultado esperado	El sistema deniega el acceso al usuario.
Resultado obtenido	El sistema bloquea correctamente el acceso.
Estado	Aprobado

Fuente: [Elaboración Propia]

## **Procedimiento**

1. Acceder a la URL del sistema mediante un navegador web.
2. Seleccionar la opción "Iniciar sesión con Google".
3. Elegir una cuenta de Google que no se encuentre registrada en el sistema.
4. Confirmar el intento de inicio de sesión.
5. Verificar que el sistema deniega el acceso al usuario.

## **Caso de prueba 3**

### **Cierre de sesión del sistema**

Tabla 5.3 Caso de prueba CP-03: Cierre de sesión.

<b>Elemento</b>	<b>Descripción</b>
ID del caso de prueba	CP-03
Nombre del caso	Cierre de sesión
Objetivo	Verificar que el usuario pueda cerrar sesión correctamente del sistema.
Precondiciones	El usuario debe haber iniciado sesión previamente.
Datos de entrada	Acción de cierre de sesión.
Resultado esperado	El sistema finaliza la sesión y redirige a la pantalla de inicio.
Resultado obtenido	El sistema cierra la sesión correctamente y redirige al inicio.
Estado	Aprobado

Fuente: [Elaboración Propia]

## **Procedimiento**

1. Acceder al sistema mediante un navegador web.
2. Iniciar sesión con una cuenta válida.
3. Hacer clic en el botón de "Cerrar sesión" ubicado en el menú lateral inferior izquierdo.
4. Verificar que el sistema finaliza la sesión y redirige a la pantalla de inicio.

## Caso de prueba 4

### Dashboard del sistema

Tabla 5.4 Caso de prueba CP-04: Dashboard del sistema.

Elemento	Descripción
ID del caso de prueba	CP-04
Nombre del caso	Visualización del dashboard
Objetivo	Verificar que el sistema muestre correctamente los datos en el dashboard principal.
Precondiciones	El usuario debe haber iniciado sesión.
Datos de entrada	Acceso al dashboard del sistema.
Resultado esperado	El dashboard muestra la información correctamente.
Resultado obtenido	Los datos se visualizan correctamente en el dashboard.
Estado	Aprobado

Fuente: [Elaboración Propia]

## Procedimiento

1. Acceder al sistema mediante un navegador web.
2. Iniciar sesión con una cuenta válida.
3. Visualizar el dashboard del sistema al ingresar a la aplicación.
4. Acceder nuevamente al dashboard mediante el menú lateral izquierdo.
5. Verificar que la información del sistema se muestra correctamente.

## Caso de prueba 5

### Alertas registradas

Tabla 5.5 Caso de prueba CP-05: Alertas registradas.

Elemento	Descripción
ID del caso de prueba	CP-05
Nombre del caso	Visualización de alertas registradas
Objetivo	Verificar que el sistema muestre correctamente las alertas registradas.
Precondiciones	El usuario debe haber iniciado sesión.
Datos de entrada	Acceso al dashboard.
Resultado esperado	El sistema muestra el listado de alertas correctamente.
Resultado obtenido	Las alertas se muestran correctamente.
Estado	Aprobado

Fuente: [Elaboración Propia]

## **Procedimiento**

1. Acceder al sistema mediante un navegador web.
2. Iniciar sesión con una cuenta válida.
3. Ingresar al Dashboard desde el menú principal.
4. Visualizar el listado de alertas registradas en el sistema.
5. Navegar entre las alertas por medio de los controles disponibles.
6. Verificar que la información de las alertas se muestra correctamente.

## **Caso de prueba 6**

### **Área de monitor**

Tabla 5.6 Caso de prueba CP-06: Área de monitoreo.

<b>Elemento</b>	<b>Descripción</b>
ID del caso de prueba	CP-06
Nombre del caso	Visualización del área de monitoreo
Objetivo	Verificar que los sensores se visualicen correctamente en el área de monitoreo.
Precondiciones	El usuario debe haber iniciado sesión.
Datos de entrada	Acceso al módulo de monitoreo.
Resultado esperado	El sistema muestra correctamente los sensores registrados.
Resultado obtenido	Los sensores se visualizan correctamente.
Estado	Aprobado

Fuente: [Elaboración Propia]

## **Procedimiento**

1. Acceder al sistema mediante un navegador web.
2. Iniciar sesión con una cuenta válida.
3. Ingresar al módulo de monitoreo de sensores desde el menú principal.
4. Visualizar los sensores registrados en el sistema.
5. Verificar que la información de los sensores se muestra correctamente.

## **Caso de prueba 7**

### **Configuración del sensor**

Tabla 5.7 Caso de prueba CP-07: Configuración del sensor.

Elemento	Descripción
ID del caso de prueba	CP-07
Nombre del caso	Configuración del sensor
Objetivo	Verificar que el sistema permita configurar correctamente los parámetros del sensor.
Precondiciones	El sensor debe estar registrado en el sistema.
Datos de entrada	Parámetros de configuración del sensor.
Resultado esperado	El sistema guarda correctamente la configuración del sensor.
Resultado obtenido	La configuración se almacena correctamente.
Estado	Aprobado

Fuente: [Elaboración Propia]

## Procedimiento

1. Acceder al sistema mediante un navegador web.
2. Iniciar sesión con una cuenta válida.
3. Ingresar al módulo de configuración de sensores.
4. Seleccionar un sensor registrado en el sistema.
5. Modificar los parámetros de configuración del sensor.
6. Guardar los cambios realizados.
7. Verificar que la configuración del sensor se almacena correctamente.

## Caso de prueba 8

### Visualización de ubicaciones monitoreadas

Tabla 5.8 Caso de prueba CP-08: Visualización de ubicaciones monitoreadas.

Elemento	Descripción
ID del caso de prueba	CP-08
Nombre del caso	Visualización de ubicaciones monitoreadas por el sensor
Objetivo	Verificar que el sistema muestre correctamente las ubicaciones asociadas a los sensores registrados.
Precondiciones	El usuario debe haber iniciado sesión y los sensores deben estar previamente registrados con una ubicación asignada.
Datos de entrada	Acceso al módulo de monitoreo de ubicaciones.
Resultado esperado	El sistema muestra correctamente las ubicaciones monitoreadas por cada sensor.
Resultado obtenido	Las ubicaciones se visualizan correctamente según el sensor.
Estado	Aprobado

Fuente: [Elaboración Propia]

## **Procedimiento**

1. Acceder al sistema mediante un navegador web.
2. Iniciar sesión con una cuenta válida.
3. Ingresar al módulo de monitoreo de sensores.
4. Seleccionar un sensor registrado.
5. Visualizar las ubicaciones asociadas al sensor.

## **Caso de prueba 9**

### **Visualización de reservas por fechas**

Tabla 5.9 Caso de prueba CP-09: Visualización de reservas de laboratorios por fechas.

<b>Elemento</b>	<b>Descripción</b>
ID del caso de prueba	CP-09
Nombre del caso	Visualización de reservas de laboratorios por fechas
Objetivo	Verificar que el sistema permita visualizar correctamente las reservas de laboratorios filtradas por un rango de fechas.
Precondiciones	El usuario debe haber iniciado sesión y deben existir reservas registradas en el sistema.
Datos de entrada	Rango de fechas seleccionado por el usuario.
Resultado esperado	El sistema muestra el listado de reservas correspondientes al rango de fechas seleccionado.
Resultado obtenido	Las reservas se visualizan correctamente según el rango de fechas seleccionado.
Estado	Aprobado

Fuente: [Elaboración Propia]

## **Procedimiento**

1. Acceder al sistema mediante un navegador web.
2. Iniciar sesión con una cuenta válida.
3. Ingresar al módulo de reservas de laboratorios.
4. Seleccionar un rango de fechas.
5. Visualizar las reservas correspondientes al período seleccionado.

## Caso de prueba 10

### Creación de Usuarios

Tabla 5.10 Caso de prueba CP-10: Creación y Visualización de usuarios.

Elemento	Descripción
ID del caso de prueba	CP-10
Nombre del caso	Creación de Usuarios por Super Admin
Objetivo	Verificar que el sistema permita crear usuarios para darles acceso al sistema
Precondiciones	El usuario debe haber iniciado sesión y deben tener el rol de SuperAdmin.
Datos de entrada	Nombre, Correo y contraseña del usuario nuevo
Resultado esperado	El sistema muestra el usuario nuevo registrado en el listado de usuarios con su respectivo rol.
Resultado obtenido	Los usuarios se visualizan correctamente según los que han sido creados con su respectivo rol en el sistema.
Estado	Aprobado

Fuente: [Elaboración Propia]

### Procedimiento

1. Acceder al sistema mediante un navegador web.
2. Iniciar sesión con una cuenta válida de Super Admin.
3. Ingresar al módulo de Usuarios.
4. Seleccionar el botón de "+" para agregar nuevo usuario.
5. Ingresar los datos del nuevo usuario y dar clic en el botón crear.
6. Visualizar en la lista de usuarios el nuevo usuario creado con su respectivo rol.

### 5.3 Análisis de las pruebas

A partir de la ejecución de los casos de prueba definidos, se comprobó que el sistema cumple satisfactoriamente con los requisitos funcionales establecidos durante la fase de desarrollo.

Todos los casos de prueba ejecutados obtuvieron un estado Aprobado, lo que indica que las funcionalidades principales del sistema responden de manera correcta ante las acciones del usuario, permiten la interacción adecuada con los dispositivos de monitoreo y garantizan la visualización y configuración de los parámetros del sistema. Asimismo, las pruebas confirmaron la correcta integración entre el dispositivo IoT, el backend y la interfaz web, valida el flujo de datos en tiempo real y el funcionamiento del sistema de alertas.

Adicionalmente, se realizaron pruebas físicas al dispositivo ESP8266 utilizando la consola del Ar-

duino IDE, con el fin de verificar la correcta configuración del umbral de ruido y la activación de alertas.

No se identificaron fallos críticos durante la ejecución de las pruebas; sin embargo, se recomienda continuar realizando pruebas periódicas conforme el sistema sea escalado o se integren nuevas funcionalidades.

Con base en estos resultados, se considera que el sistema se encuentra en condiciones adecuadas para su uso en el entorno institucional de la Universidad Centroamericana José Simeón Cañas.



## CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones

En esta sección se escriben las conclusiones a las que se ha llegado luego de realizar el trabajo, las conclusiones deben concordar con los objetivos planteados anteriormente.

- Validación del problema acústico: La encuesta realizada a estudiantes y docentes del edificio Jon de Cortina confirmó que las condiciones acústicas inadecuadas afectan negativamente la concentración, la comunicación y el desarrollo de las actividades académicas. Esta afectación resulta especialmente relevante si se considera que, de acuerdo con la normativa ANSI, niveles de ruido superiores a 35 dB en espacios educativos pueden interferir con los procesos de atención y aprendizaje. Asimismo, los docentes se identificaron como el grupo más impactado por las deficiencias acústicas, debido a su mayor tiempo de permanencia en las instalaciones, lo que justifica la priorización de soluciones orientadas a este sector.
- Viabilidad tecnológica: Se demostró que es factible implementar soluciones de monitoreo automatizado de bajo costo utilizando tecnología IoT, haciendo accesible la gestión acústica en entornos educativos. El dispositivo ESP y su montaje demostró ser accesible y de bajo costo para su recreación en grandes cantidades, ocupa poco espacio y es fácilmente adaptable a los laboratorios de la universidad.

### 6.2 Recomendaciones

En esta sección, se presentan las recomendaciones hechas por el grupo de trabajo para las personas que se beneficiarán del estudio o proyecto realizado.

- La implementación de un protocolo que permita una comunicación persistente, bidireccional y en tiempo real entre un cliente (navegador) y un servidor que son conocidos como los websockets. Este protocolo sirve para evitar la constante recarga de la página para mostrar datos más actualizados en la parte del dashboard.
- La creación de una lista de ip's necesaria para la lectura de múltiples dispositivos ya que la versión actual solo acepta una ip fija que se ha creado para el perfecto funcionamiento del programa actual.
- Actualización a microcontrolador con conectividad WIFI con recursos de mayor rendimiento y capacidad de almacenamiento, como por ejemplo módulo ESP32.
- Actualización a protocolo HTTPS.



## GLOSARIO

Backend:	Parte del software de una aplicación web o móvil que gestiona toda la lógica y comunicación con el servidor.
ESP8266:	Microcontrolador con conectividad Wi-Fi integrada, utilizado para el desarrollo de dispositivos IoT y sistemas de monitoreo en tiempo real.
Frontend:	Parte visible de una web o aplicación con la que el usuario interactúa directamente.
MAX9814:	Módulo amplificador de micrófono utilizado para la captación y amplificación de señales acústicas en sistemas de monitoreo de ruido.
Microcontrolador:	Circuito integrado programable, capaz de ejecutar las órdenes grabadas en su memoria.



## REFERENCIAS

- Aldaz, F. J. D., Aguilar, J. P. F., Benítez, H. A. P., & Farías, G. W. T. (2023). *Afectación del ruido ambiental a Instituciones Educativas; conjunto de acciones desde la Participación Ciudadana y Centros Educativos* (inf. téc.). Universidad de Guayaquil.
- Carpio, T. E., Carranza, X. A., & Flores, F. A., Bryan Salvador y Rodríguez. (2025). *Sistema de monitoreo de ruido en edificio Jon de Cortina* [Trabajo de graduación de Ingeniería]. Universidad Centroamericana José Simeón Cañas [Tesis de pregrado].
- Cartagena, E. (2015). *Lineamientos de ruido. Tomo V* (inf. téc.) (Documento en formato PDF). Observatorio Ambiental de Cartagena. <https://observatorio.epacartagena.gov.co/ftp-uploads/dt-tomo-v-lineamientos-de-ruido-20151312.pdf>
- ECORFAN. (2023). Revista de Ingeniería Eléctrica, VI(2).
- IBM. (s.f.). *¿Qué es el Internet de las Cosas (IoT)?* <https://www.ibm.com/es-es/think/topics/internet-of-things>
- IoT Projects. (2026). *Arquitecturas IoT: Capas y modelos de referencia.* <https://iotprojects.io/arquitecturas-iot/>
- Lucic Oliva, Y. D. (2009). *El ruido como problema en el aprendizaje: personalización masiva, modelamiento paramétrico y diseño generativo enfocados al desarrollo de paneles acústicos para salas de clase* [Tesis de maestría, Universidad de Chile]. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/100197>
- Mechatronics, N. (2023). Usando ESP8266 con el IDE de Arduino.
- on Deafness, N. I., & (NIDCD), O. C. D. (2022). *Partes del oído.* <https://www.nidcd.nih.gov/es/multimedia/partes-del-oido>
- Proyectos Ágiles. (2021, septiembre). *Qué es SCRUM* [Consultado el 12 de septiembre de 2025]. <https://proyectosagiles.org/que-es-scrum/>
- Schirn, A. (2023). *ANSI/ASA S12.60/Part 1-2010 (R2020): Acoustical Performance.* <https://blog.ansi.org/ansi-asa-s12-60-part-1-2010-r2020-school-acoustics/>
- SVANTEK. (2025). *Monitoreo del ruido.* <https://svantek.com/es/academia/monitoreo-del-ruido/>

Tech, A. (2024). *Sistema de monitoreo de ruido - Usos y beneficios*. [https://adrtechindia.com.translate.goog/noise-monitoring-system-uses-and-benefits/?\\_x\\_tr\\_sl=en&\\_x\\_tr\\_tl=es&\\_x\\_tr\\_hl=es&\\_x\\_tr\\_pto=tc](https://adrtechindia.com.translate.goog/noise-monitoring-system-uses-and-benefits/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=tc)

UNIR Revista. (2023). *¿Qué es la arquitectura IoT y dónde se emplea?* <https://www.unir.net/revista/ingenieria/arquitectura-iot/>

World Health Organization. (2023). *La OMS publica una nueva norma para hacer frente a la creciente amenaza de la pérdida de audición.* Consultado el 10 de septiembre de 2025, desde <https://www.who.int/es/news/item/02-03-2022-who-releases-new-standard-to-tackle-rising-threat-of-hearing-loss>

**ANEXO A**  
**MANUAL TÉCNICO**



## A.1 Estructura principal

- ESP: Este apartado es el más pequeño del proyecto posee todo lo necesario para el arranque del sistema de sonido, posee un archivo “.ino” que contiene toda la lógica que será leída por el ESP para su arranque. También se posee un archivo de texto que contiene una breve explicación de su configuración y el arranque del mismo
- ESP-BACK: Actúa como el punto de entrada de datos en el sistema completo de monitoreo de ruido. Los datos capturados por este componente alimentan todo el pipeline de análisis, visualización y generación de reportes que se ejecuta en los componentes
- TFG-BACKEND: Contiene el servidor backend del sistema de monitoreo de ruido, desarrollado con Node.js y TypeScript. Este componente actúa como el núcleo central del sistema, proporcionando una API REST robusta que gestiona la recepción, procesamiento, almacenamiento y distribución de datos provenientes del ESP.
- TFG-FRONTEND: Contiene la aplicación web del sistema de monitoreo de ruido, desarrollada con React y TypeScript. Este componente proporciona la interfaz de usuario completa del sistema, ofreciendo un dashboard interactivo y responsive que permite a los usuarios visualizar, analizar y gestionar los datos a tiempo real.

## A.2 ESP estructura

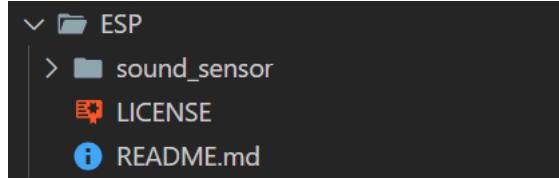


Figura A.1 Estructura del ESP

- El Readme es un corto pero explicativo documento de texto, donde se detalla la configuración de red del ESP y cuales son las variables modificables para su adaptación a la red de la universidad y su ubicación en los laboratorios para su uso.
- LICENSE es una licencia de uso MIT que define los términos legales bajo los cuales se distribuye el software.
- La carpeta "sound sensor" contiene un único archivo que será usado para el arranque del dispositivo ESP, este archivo .ino se correrá en un dispositivo ESP que será el encargado de generar reportes sobre la cantidad de sonido generado en los laboratorios, si el sonido excede un umbral este encenderá una alarma encargada de notificar a los encargados de donde proviene el sonido.

### A.3 TFG-BACKEND

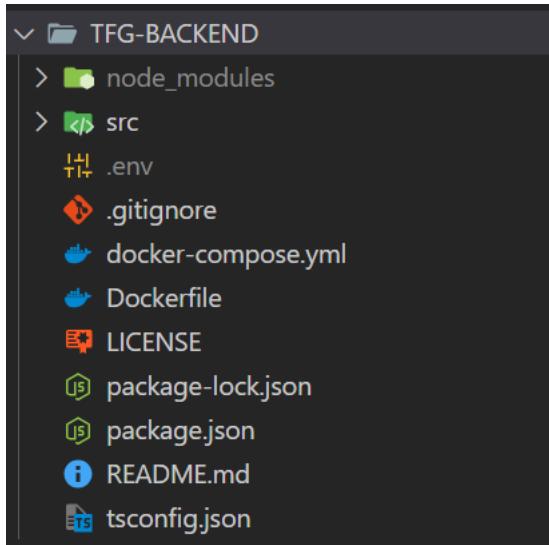


Figura A.2 Estructura TFG BACKEND

- Esta es la capa encargada del procesamiento de los datos que el usuario solicita desde la aplicación web

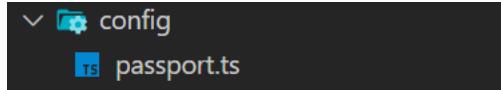


Figura A.3 ESP Carpeta Config

- Config: la carpeta config contiene la configuración central del proyecto. Aquí se definen y organizan parámetros importantes como la autenticación, las conexiones a servicios externos, y otras opciones necesarias para que la aplicación funcione correctamente y de forma segura.

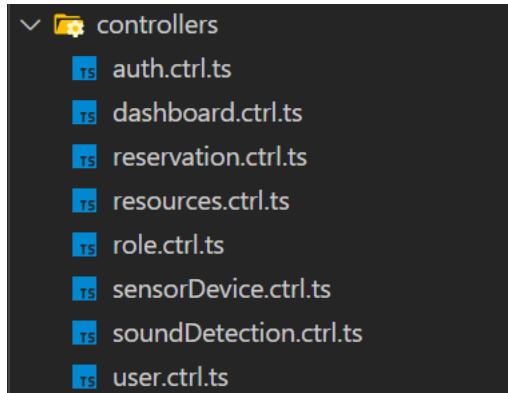


Figura A.4 ESP Carpeta Controllers

- Controller: la carpeta controllers contiene la lógica que recibe las solicitudes HTTP, coordina

la validación de datos y llama a los servicios correspondientes para manejar usuarios, autenticación, roles, sensores, detección de sonido, dashboard, recursos y reservas. Su función principal es actuar como intermediario entre las rutas de la API y la lógica de negocio.

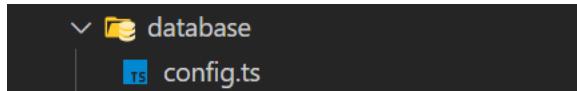


Figura A.5 ESP Carpeta Database

- **Database:** La carpeta database contiene el archivo que implementa la configuración y la conexión a la base de datos MongoDB utilizando Mongoose.

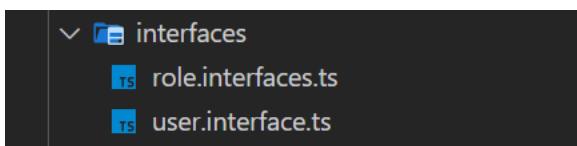


Figura A.6 ESP Carpeta Interfaces

- **Interfaces:** La carpeta contiene definiciones de interfaces TypeScript que describen la estructura de los datos utilizados en la aplicación, como los atributos requeridos para roles y usuarios, incluyendo campos como identificadores, nombres, descripciones, correos electrónicos y contraseñas. Estas interfaces ayudan a tipar y validar los objetos que se manejan en el backend.

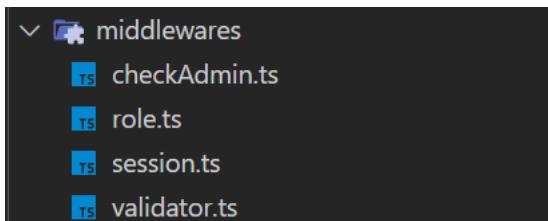


Figura A.7 ESP Carpeta Middlewares

- **Middlewares:** La carpeta contiene funciones intermedias que se utilizan para gestionar la autorización de usuarios, validar roles, manejar sesiones y verificar datos antes de que lleguen a las rutas principales de la aplicación. Estas funciones ayudan a controlar el acceso y asegurar que las solicitudes cumplan con los requisitos necesarios

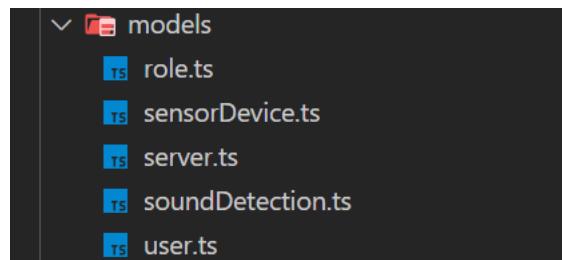


Figura A.8 ESP Carpeta Models

- **Models:** La carpeta contiene definiciones de modelos de datos utilizando esquemas. Estos modelos estructuran y gestionan como se almacenan y consultan los datos en la base de datos de la aplicación

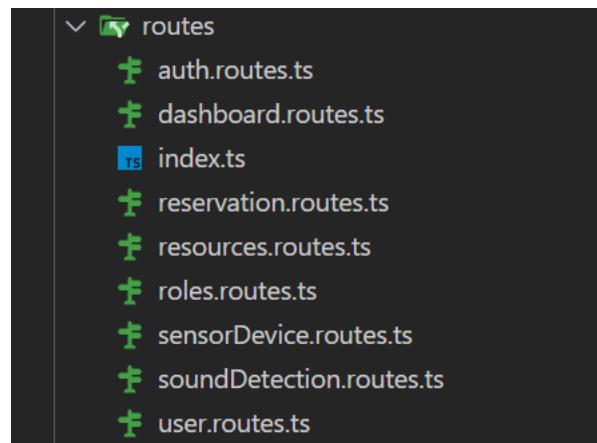


Figura A.9 ESP Carpeta routes

- **Routes:** La carpeta contiene archivos que definen las rutas de la API para gestionar la autenticación, panel de control, reservas, recursos, roles, dispositivos sensores, detección de sonido y usuarios. Cada archivo organiza los endpoints y controla como se manejan las solicitudes y respuestas para cada funcionalidad de la aplicación.



Figura A.10 ESP Carpeta Seeds

- **Seeds:** La carpeta contiene un archivo encargado de poblar la base de datos con datos iniciales o de prueba, facilitando la configuración y el desarrollo de la aplicación al crear registros pre-determinados necesarios para su funcionamiento.

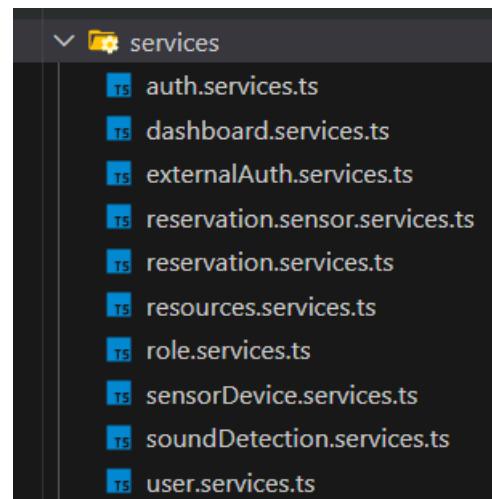


Figura A.11 ESP Carpeta Services

- Services: La carpeta contiene archivos que implementan la lógica de negocio para distintas funcionalidades de la aplicación, como autenticación, gestión de usuarios, roles, reservas, recursos, dispositivos sensores y detección de sonido. Estas funciones procesan los datos y coordinan las operaciones entre los modelos y las rutas.

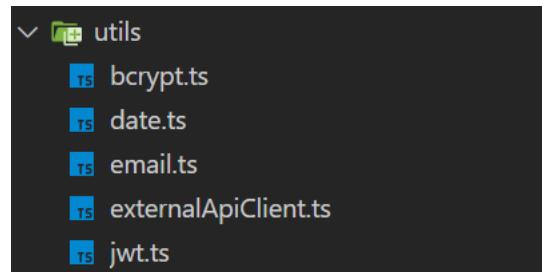


Figura A.12 ESP Carpeta Utils

- Utils: La carpeta contiene utilidades y funciones auxiliares para tareas comunes, como el manejo de contraseñas, fechas, envío de correos electrónicos, interacción con APIs externas y gestión de tokens JWT. Estas herramientas apoyan el funcionamiento general de la aplicación facilitando operaciones repetitivas o especializadas.

#### A.4 TFG-FRONTEND

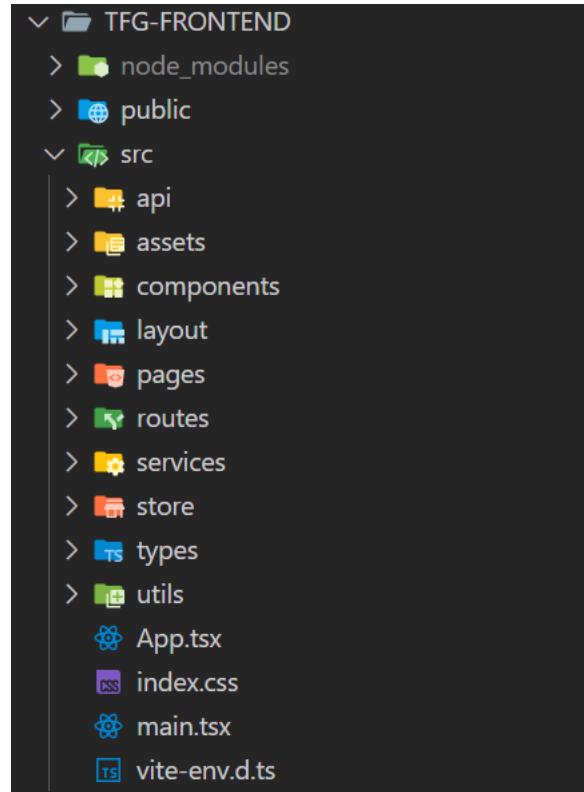


Figura A.13 ESP TFG FRONTEND

La carpeta TFG-FRONTEND contiene toda la implementación de la parte visual del sistema, la cual se desarrolló mediante Vite.js con React.js y Typescript.

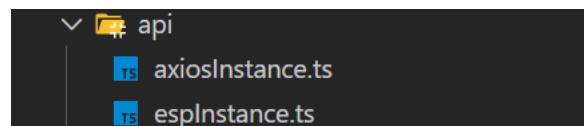


Figura A.14 Carpeta api

- Api: Esta carpeta contiene las configuraciones para centralizar las peticiones a la API así evitamos que los componentes hagan peticiones directamente.

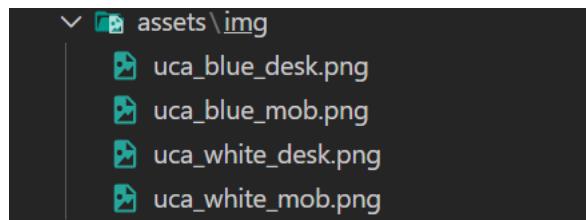


Figura A.15 Carpeta assets

- Assets: La carpeta assets contiene los recursos estaticos que se utilizaron en los diferentes componentes, como son las imagenes, iconos y archivos SVG.

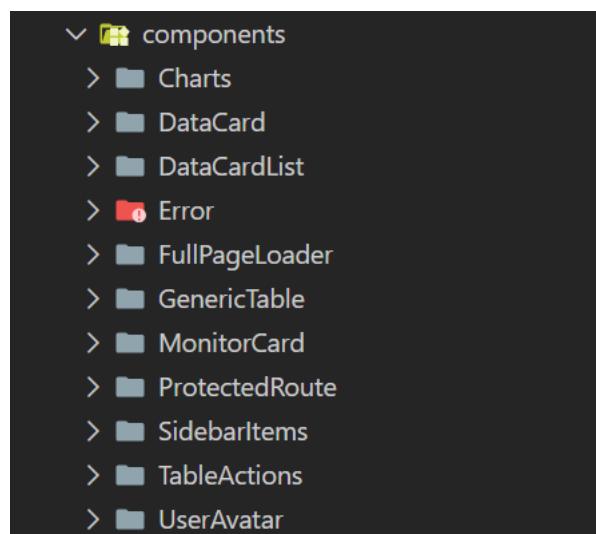


Figura A.16 Carpeta components

- Components: Esta carpeta contiene todos los componentes reutilizables y desacoplados para solo utilizarlos cuando sean necesarios, por ejemplo, botones, cards, inputs, entre otros.



Figura A.17 Carpeta Layout

- Layout: En la carpeta layout tenemos las estructuras generales de la aplicación, aqui se define la forma del estilo base de la página.

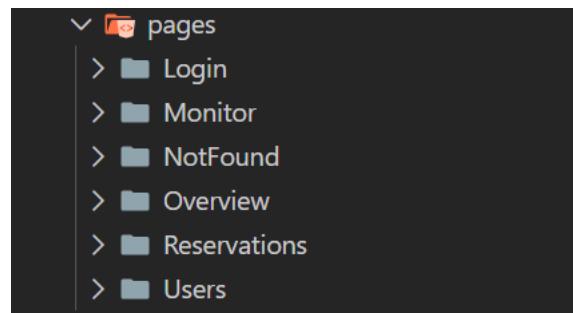


Figura A.18 Carpeta Pages

- Pages: En esta carpeta tenemos todas las vistas de la aplicación, representan rutas completas y cada una tiene su propia lógica.

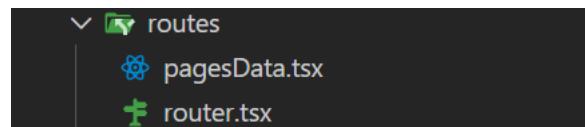


Figura A.19 Carpeta Routes

- Routes: La carpeta routes contiene definidas todas las rutas de navegación

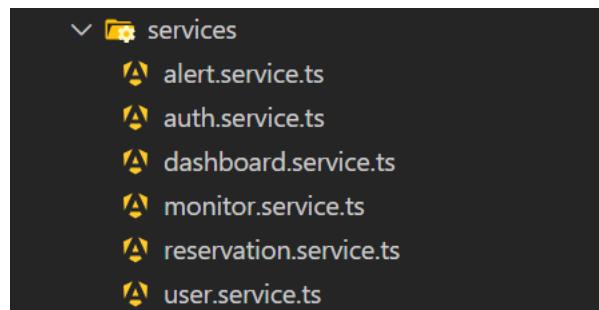


Figura A.20 Carpeta Services

- Services: En la carpeta services esta toda la lógica de negocio del sistema, como los servicios de autenticación, manejo de usuarios, entre otros.

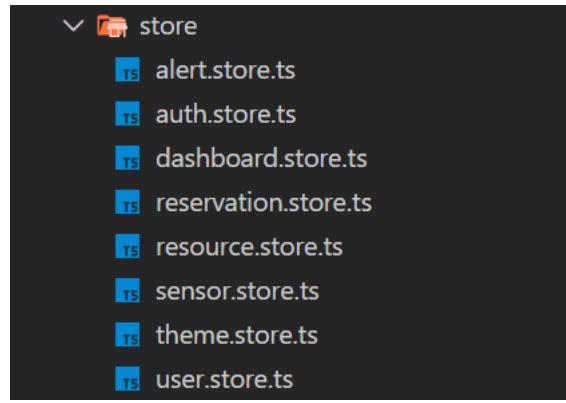


Figura A.21 Carpeta Store

- Store: La carpeta store contiene el estado global de la aplicación, cada archivo .store.ts contiene un store independiente encargado de gestionar un dominio funcional específico, como autenticación, usuarios, reservas, sensores o temas visuales.

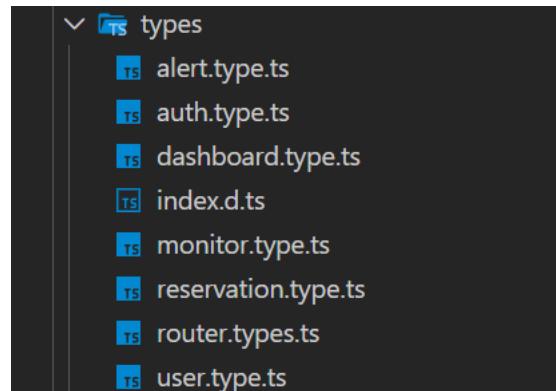


Figura A.22 Carpeta Types

- Types: La carpeta types contiene definidos todos los tipos o interfaces usados en la aplicación

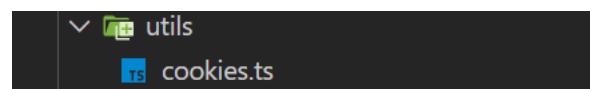


Figura A.23 Carpeta Utils

- Utils: En la carpeta utils estan las funciones para la gestión de las cookies en el proyecto.



**ANEXO B**  
**MANUAL DE USUARIO**



## B.1 Inicio de Sesión

Para acceder al sistema EcoUca a través de la siguiente URL: <https://dei.uca.edu.sv/alarma/login> , el usuario debe iniciar sesión utilizando uno de los dos métodos de autenticación disponibles: mediante una cuenta de Google. Este proceso de inicio de sesión es el mismo para todos los roles de usuario.



Figura B.1 Inicio de sesión en el sistema

El usuario debe seleccionar el método de inicio de sesión con Google. Una vez elegido, se le solicitarán las credenciales de la cuenta correspondiente de la siguiente manera:

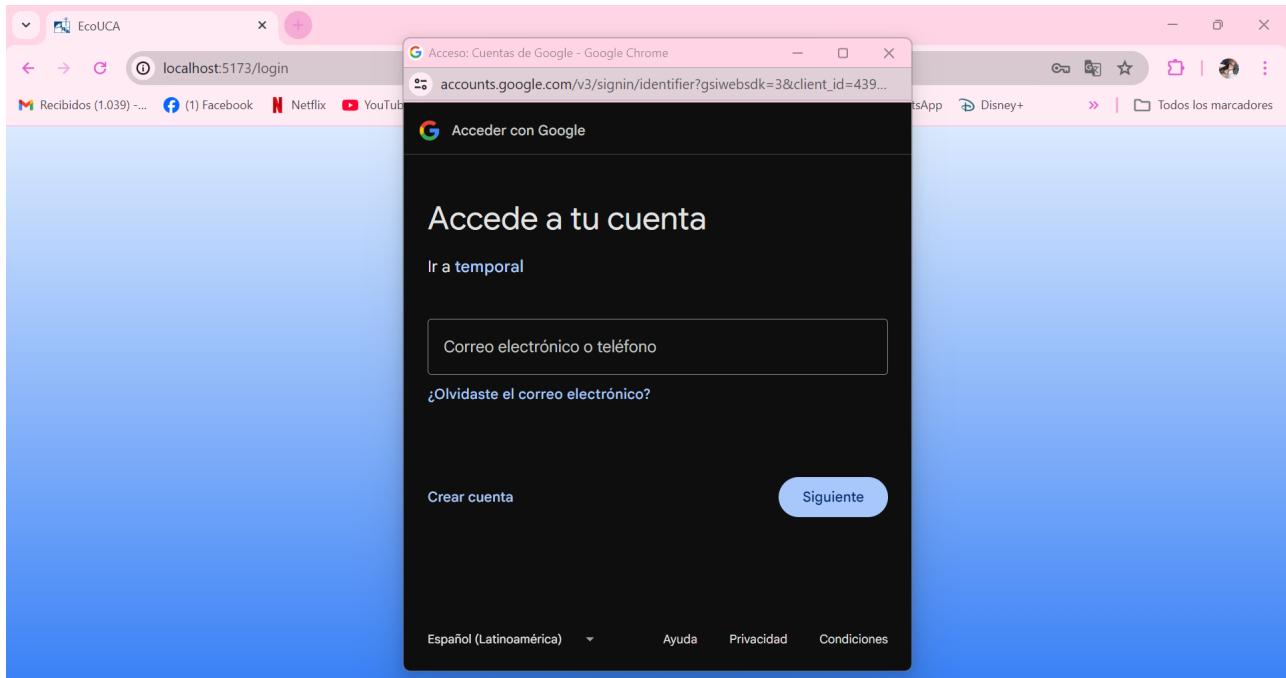


Figura B.2 Inicio de sesión usando Google

Si el usuario que quiere ingresar no se encuentra previamente registrado en el sistema por un super-administrador, este no podrá acceder y se le mostrará un mensaje de error de la siguiente manera:

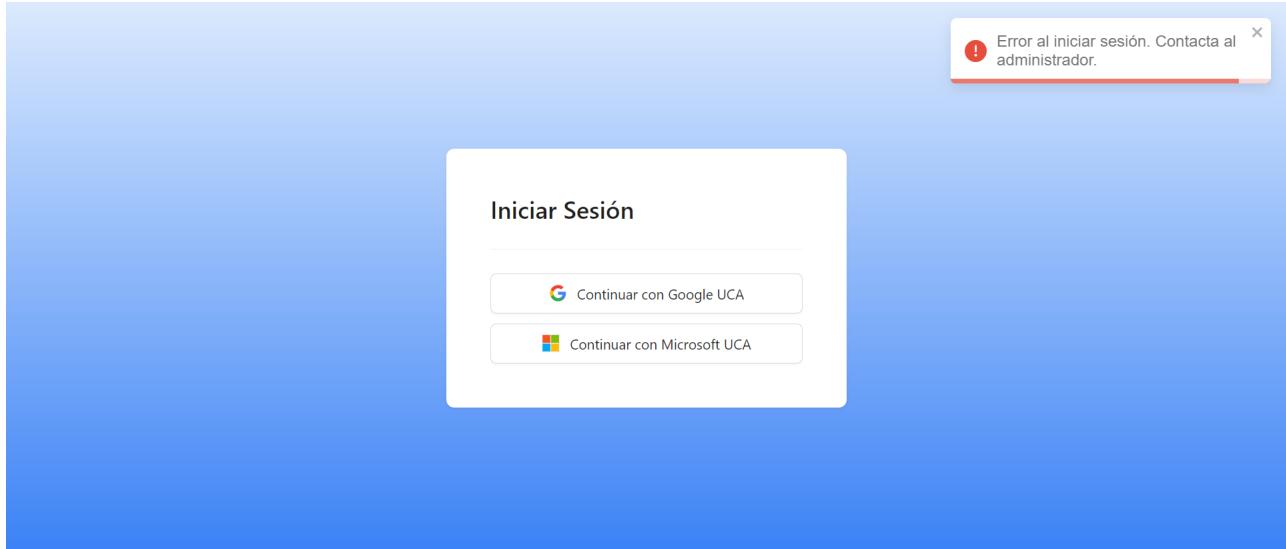


Figura B.3 Error al Iniciar Sesión

Si el usuario que quiere ingresar tiene los permisos necesarios, una vez realizado con éxito el inicio

de sesión lo primero que este verá será una pantalla principal, en la cual estarán datos estadísticos que fueron obtenidos del procesamiento de las lecturas realizadas por el prototipo de nivel de ruido.

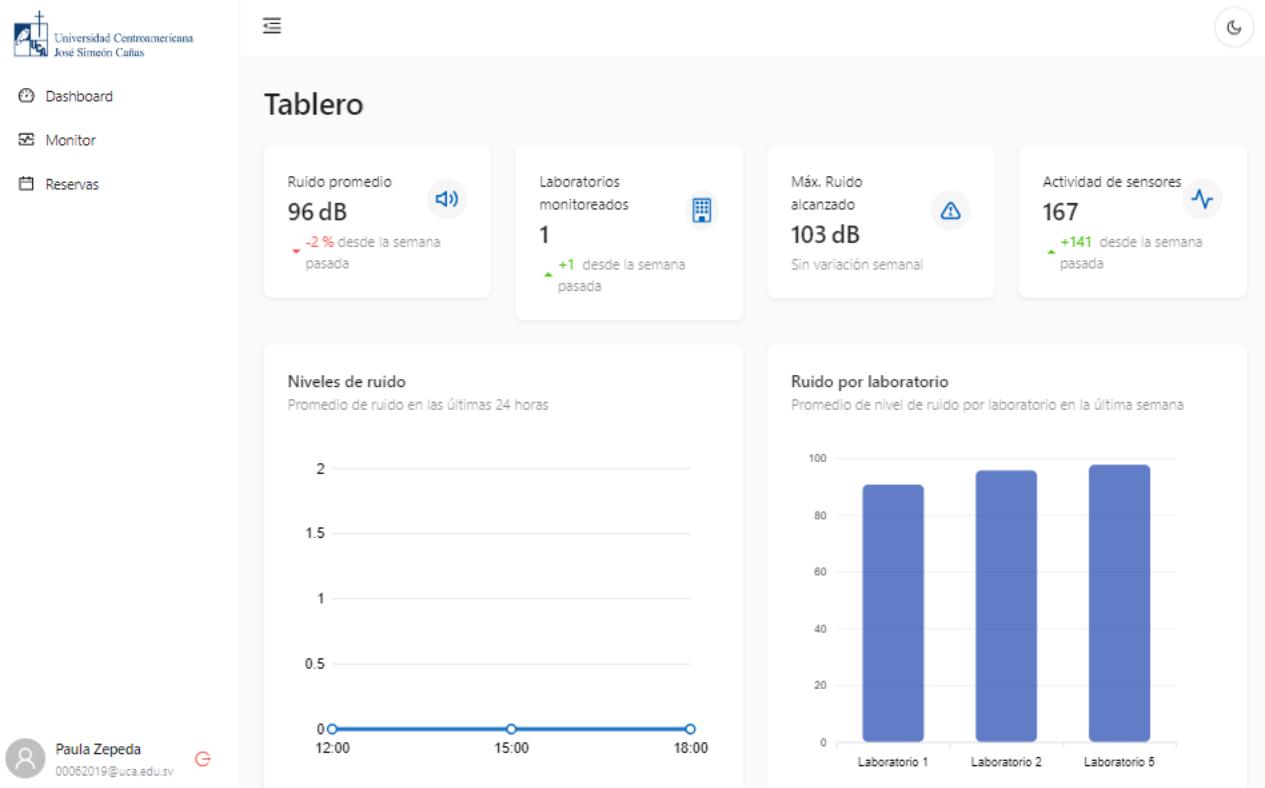


Figura B.4 Dashboard

El usuario podrá navegar entre las diferentes vistas que se encuentran organizadas en el menú lateral de la página web. La segunda opción del menú muestra el módulo del monitor, en el cual se podrán realizar los ajustes permitidos a los dispositivos de monitoreo de ruido.

The screenshot shows the 'Monitor' section of a web application. At the top, there's a header with the logo of the Universidad Centroamericana José Simeón Cañas and a user icon. Below the header, a navigation bar includes 'Dashboard', 'Monitor' (which is selected), and 'Reservas'. The main content area is titled 'Monitor' and has tabs for 'Sensores' (selected) and 'Ubicaciones'. A card displays 'Sensor 2' located in 'Laboratorio 2'. It shows current data: 'Lectura actual: 71 dB' and 'Última alerta:'. Under 'Configuración', there are three toggle switches: 'Alarma:' (on), 'Notificaciones:' (on), and 'Umbral:' set to '93 dB'. A horizontal slider is also present. At the bottom left, a user profile shows 'Paula Zepeda' and an email address. On the right, a footer note reads 'EcoUCA ©2025 Created by EcoUCA Team'.

Figura B.5 Área de Monitor

En esta vista los usuarios podrán desactivar las alarmas visuales, cambiando el estado de selección del toggle, como se muestra a continuación:

The screenshot shows the 'Monitor' application interface. On the left, there's a sidebar with the university logo and navigation links: 'Dashboard', 'Monitor' (which is selected), and 'Reservas'. The main area is titled 'Monitor' and has tabs for 'Sensores' (selected) and 'Ubicaciones'. A card for 'Sensor 2' in 'Laboratorio 2' displays current data (Lectura actual: 71 dB) and configuration settings. The 'Configuración' section includes a red-bordered 'Alarma:' toggle switch (off), a 'Notificaciones:' toggle switch (off), and an 'Umbral:' slider set at 93 dB. At the bottom right of the card, there's a blue button labeled 'Actualizar'. In the bottom left corner of the main area, there's a user profile icon with the name 'Paula Zepeda' and email '00062019@uca.edu.sv'. The bottom right corner contains the text 'EcoUCA ©2025 Created by EcoUCA Team'.

Figura B.6 Desactivación de alarma visual

La siguiente opción permite desactivar las notificaciones por correo electrónico cuando se supera el umbral de ruido en el área que se está configurando. A continuación, se muestra un ejemplo de cómo se vería un área de monitoreo con la alerta visual activa y el envío de notificaciones desactivado.

The screenshot shows the 'Monitor' application interface. At the top, there is a header with the logo of the Universidad Centroamericana José Simeón Cañas and a search bar. Below the header, there is a navigation menu with three items: 'Dashboard', 'Monitor' (which is currently selected), and 'Reservas'. The main content area is titled 'Monitor' and has two tabs: 'Sensores' (selected) and 'Ubicaciones'. Under the 'Sensores' tab, there is a card for 'Sensor 2' located in 'Laboratorio 2'. The card displays 'Datos' (Data) with 'Lectura actual: 71 dB' and 'Última alerta:'. Below this is a 'Configuración' (Configuration) section. A red box highlights the 'Alarma:' and 'Notificaciones:' toggle switches, both of which are currently off. The 'Umbral:' value is set to '93 dB'. At the bottom of the configuration section is a horizontal slider. In the bottom left corner, there is a user profile icon with the name 'Paula Zepeda' and the email '00062019@uca.edu.sv'. In the bottom right corner, there is a copyright notice: 'EcoUCA ©2025 Created by EcoUCA Team'.

Figura B.7 Área con ambas opciones de alerta desactivadas

El usuario puede configurar estas opciones como él prefiera y a conveniencia dependiendo de las áreas de interés que se desean monitorizar.

The screenshot shows a user interface for monitoring environmental data. At the top left is the logo of the Universidad Centroamericana José Simeón Cañas. The main header is "Monitor". Below it are two tabs: "Sensores" (selected) and "Ubicaciones". On the left, there's a sidebar with "Dashboard", "Monitor" (selected), and "Reservas". The main content area displays "Sensor 2" located in "Laboratorio 2". It shows "Lectura actual: 71 dB" and "Última alerta:". Under "Configuración", there are three sections: "Alarma:" (with a blue toggle switch), "Notificaciones:" (with a grey toggle switch, which is highlighted with a red rectangle), and "Umbral:" (set to 93 dB with a slider). At the bottom right of the content area, it says "EcoUCA ©2025 Created by EcoUCA Team".

Figura B.8 Área con la opción de envío de notificaciones desactivada

La segunda configuración que se le puede realizar a los dispositivos es modificar su umbral de ruido permitido, esto se hace mediante el desplazamiento de la barra inferior hasta colocar el nivel de ruido máximo permitido para esa área.

The screenshot shows a web-based monitoring application. At the top left is the logo of the Universidad Centroamericana José Simeón Cañas. The top right features a circular icon with a gear and a refresh symbol. The main header is "Monitor". Below it, there are two tabs: "Sensores" (selected) and "Ubicaciones". On the left, a sidebar lists "Dashboard", "Monitor" (selected), and "Reservas". The main content area displays "Sensor 2" located in "Laboratorio 2". It has two sections: "Datos" and "Configuración". Under "Datos", "Lectura actual:" is 71 dB and "Última alerta:" is listed. Under "Configuración", there are three settings: "Alarma:" (switched on), "Notificaciones:" (switched off), and "Umbral:" set at 93 dB. A red rectangular box highlights the "Umbral:" slider. At the bottom left is a user profile for "Paula Zepeda" with the email "00062019@uca.edu.sv". The bottom right contains the copyright notice "EcoUCA ©2025 Created by EcoUCA Team".

Figura B.9 Modificación de umbral de ruido permitido

Para hacer efectivo el cambio del umbral de ruido se deberá de dar clic en el botón que se muestra a continuacion:

The screenshot shows a user interface for monitoring environmental data. At the top left is the logo of the Universidad Centroamericana José Simeón Cañas. The main header is "Monitor". Below it, there are two tabs: "Sensores" (selected) and "Ubicaciones". On the left, a sidebar lists "Dashboard", "Monitor" (which is active), and "Reservas". The main content area displays "Sensor 2" located in "Laboratorio 2". It shows current data: "Lectura actual: 71 dB" and "Última alerta: ". Under "Configuración", there are three settings: "Alarma:" (switched on), "Notificaciones:" (switched off), and "Umbral: 79 dB (modificado)". A slider bar is positioned below these settings. A red box highlights the "79 dB (modificado)" text and the checkmark icon next to the "Umbral" setting. At the bottom left, there is a user profile icon with the name "Paula Zepeda" and email "00062019@uca.edu.sv". At the bottom right, it says "EcoUCA ©2025 Created by EcoUCA Team".

Figura B.10 Botón para actualizar el umbral de ruido

Cuando se realice el cambio la pagina web mostrará una alerta de éxito de la siguiente manera:

The screenshot shows the 'Monitor' section of a web application. On the left, there's a sidebar with 'Dashboard', 'Monitor' (which is selected), and 'Reservas'. The main area is titled 'Monitor' and has tabs for 'Sensores' (selected) and 'Ubicaciones'. A card for 'Sensor 2' in 'Laboratorio 2' displays current data (Lectura actual: 71 dB) and configuration options (Alarma: on, Notificaciones: off, Umbral: 79 dB). A success message at the top right says 'Umbral actualizado: 79 dB'. At the bottom, it shows user information (Paula Zepeda, 00062019@uca.edu.sv) and a copyright notice (EcoUCA ©2025 Created by EcoUCA Team).

Figura B.11 Cambio de umbral realizado con éxito

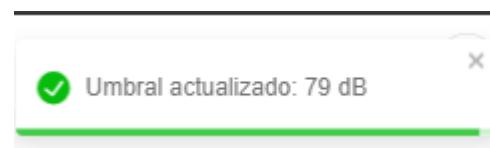


Figura B.12 Notificación de cambio de umbral realizado con éxito

Una subsección que se tiene también en el área de monitor, es la vista de cada una de las áreas que se está monitorizando.

The screenshot shows the EcoUCA monitoring interface. On the left, there's a sidebar with the university logo and navigation links: Dashboard, Monitor (which is selected), and Reservas. The main area is titled 'Monitor' and has tabs for 'Sensores' and 'Ubicaciones' (which is selected). A box displays 'Laboratorio 2' at 'DEI'. Under 'Datos', it shows 'Máx. participantes: 18'. At the bottom left is a user profile for 'Paula Zepeda' (00062019@uca.edu.sv) with a red notification icon. At the bottom right, it says 'EcoUCA ©2025 Created by EcoUCA Team'.

Figura B.13 Áreas monitorizadas

El siguiente apartado corresponde a las reservas, donde el usuario puede seleccionar el rango de fechas que desea visualizar utilizando un calendario interactivo.

The screenshot shows the EcoUCA reservations interface. The sidebar includes the university logo and navigation links: Dashboard, Monitor, Reservas (selected), and Usuarios. A user profile for 'SUPER\_ADMIN' (pauldzedepeda03@gmail.com) is shown with a red notification icon. The main area is titled 'Reservas de laboratorios' and shows 'Últimas 5 reservas'. A red box highlights a calendar for 'Oct 2025' with dates from 28 to 31. The calendar includes navigation arrows for 'Hoy', 'Ayer', 'Últimos 7 días', 'Últimos 30 días', 'Mes actual', and 'Mes pasado'. Below the calendar, it lists five reservations:

Nombre	Hoy	Ayer	Últimos 7 días	Últimos 30 días	Mes actual	Mes pasado
1 Programación de Estructuras Dinámicas						
2 Programación de Estructuras Dinámicas						
3 Programación de Artefacto						
4 Programación de Estructuras Dinámicas						

At the bottom, it shows 'Laboratorio 2' and 'Sin descripción' with reservation times: '22 de octubre de 2025, 11:00' and '22 de octubre de 2025, 13:00'.

Figura B.14 Rango de fechas de reservas

Una vez seleccionado el rango de fechas de las reservas, estas se mostrarán en el tablero de la siguiente manera:

	Nombre	Ubicación	Descripción	Inicio	Final
1	Programación de Estructuras Dinámicas	Laboratorio 2	Sin descripción	22 de octubre de 2025, 07:00	22 de octubre de 2025, 09:00
2	Programación de Estructuras Dinámicas	Laboratorio 2	Sin descripción	22 de octubre de 2025, 09:00	22 de octubre de 2025, 11:00
3	Programación de Artefactos	Laboratorio 7	Sin descripción	22 de octubre de 2025, 09:00	22 de octubre de 2025, 11:00
4	Programación de Estructuras Dinámicas	Laboratorio 2	Sin descripción	22 de octubre de 2025, 11:00	22 de octubre de 2025, 13:00
5	Programación de Estructuras Dinámicas	Laboratorio 3	Sin descripción	22 de octubre de 2025, 11:00	22 de octubre de 2025, 13:00

Figura B.15 Listado de Reservas

Si la cantidad de reservas es muy grande, el usuario puede seleccionar cuántas desea visualizar por página mediante la opción de paginación disponible en la vista.

Figura B.16 Máximo de reservas presentadas por páginas

## B.2 Función únicamente permitida por usuarios superadministradores

El usuario con rol de superadministrador tiene la función de otorgar acceso al sistema a nuevos usuarios, asignándoles por defecto el rol de administrador. Para ello, debe dirigirse a la opción “Usuarios” en el menú lateral, donde podrá visualizar los usuarios actualmente registrados que tienen acceso al

sistema.

The screenshot shows a user interface for managing users. On the left, there's a sidebar with links: Dashboard, Monitor, Reservas, and **Usuarios**, which is highlighted with a blue box. Below the sidebar, the user information is displayed: SUPER\_ADMIN (pauzepeda03@gmail.com). The main area is titled "Lista de usuarios" (Registered Users) and contains a table with the following data:

	Nombre	Email	Rol
1	SUPER_ADMIN	yoshi.olivares@gmail.com	Super admin
2	SUPER_ADMIN	pauzepeda03@gmail.com	Super admin
3	Pau	daniepeda00311@gmail.com	Admin
4	Paula	00062019@uca.edu.sv	Admin
5	Pau	pauzepeda955@gmail.com	Admin

At the bottom right of the table, there are navigation buttons: '<' and '>', a page number '1', and a blue '+' button.

Figura B.17 Usuarios con acceso en el sistema

Para agregar un nuevo usuario se debe de dar clic al botón ”más” ubicado en la parte inferior derecha.

This screenshot is similar to Figure B.17, showing the user list. The 'Usuarios' link in the sidebar is highlighted with a blue box. The user information is shown as SUPER\_ADMIN (pauzepeda03@gmail.com). The main area shows the same user list table. A red rectangular box highlights the blue '+' button located at the bottom right of the table area.

Figura B.18 Agregar nuevo usuario

Cuando se le de clic al botón, se delegará un formulario con los campos necesarios para la creación del nuevo usuario.

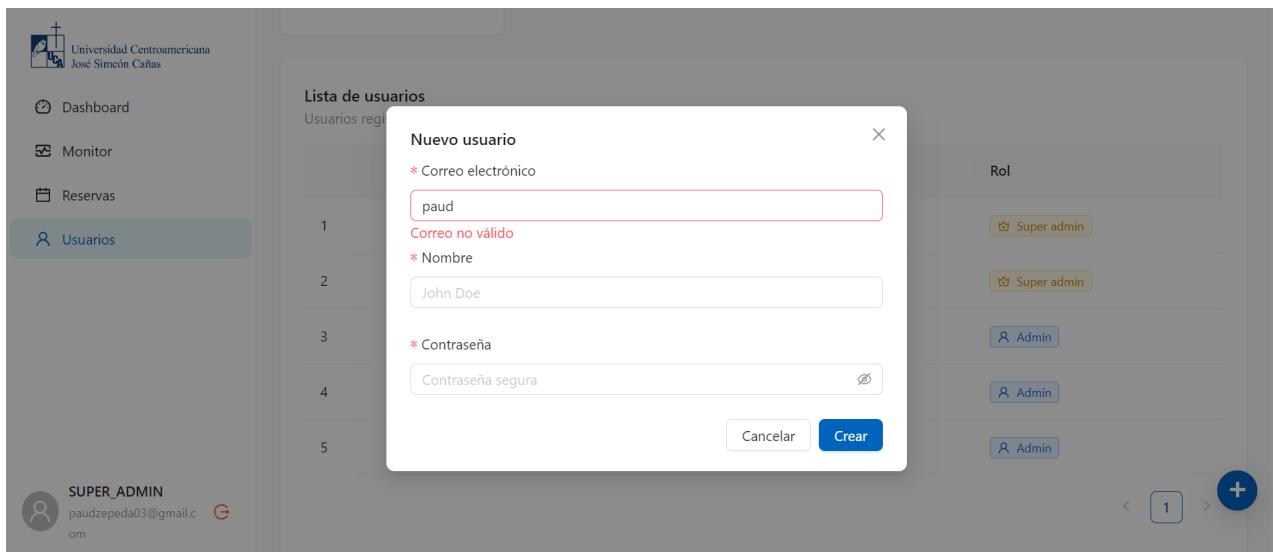


Figura B.19 Correo electronico del nuevo usuario

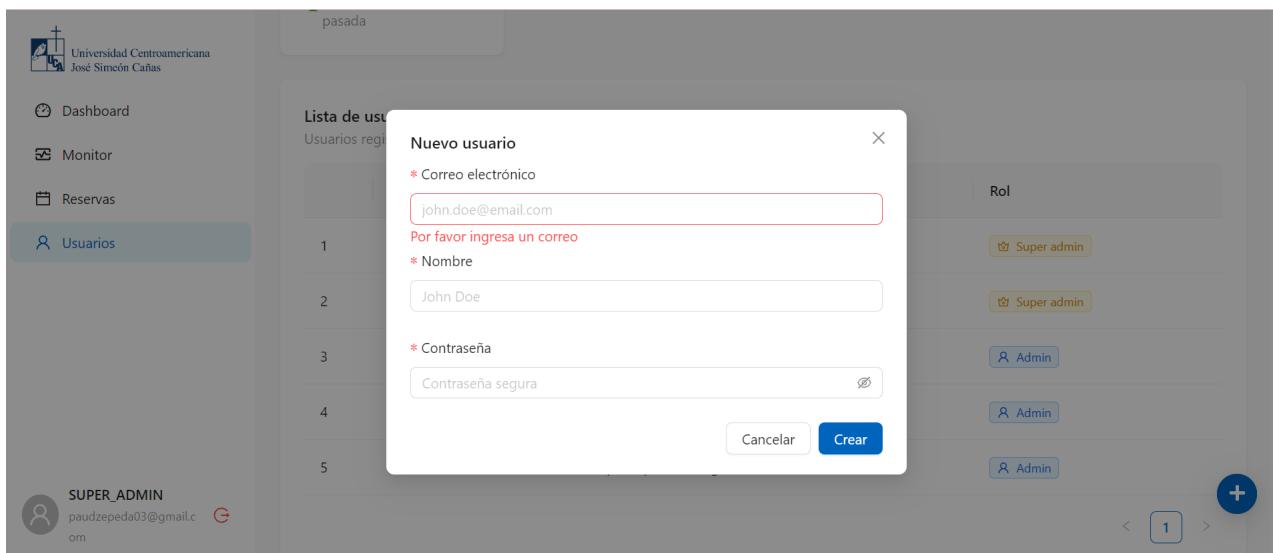


Figura B.20 Validación del correo electronico del nuevo usuario

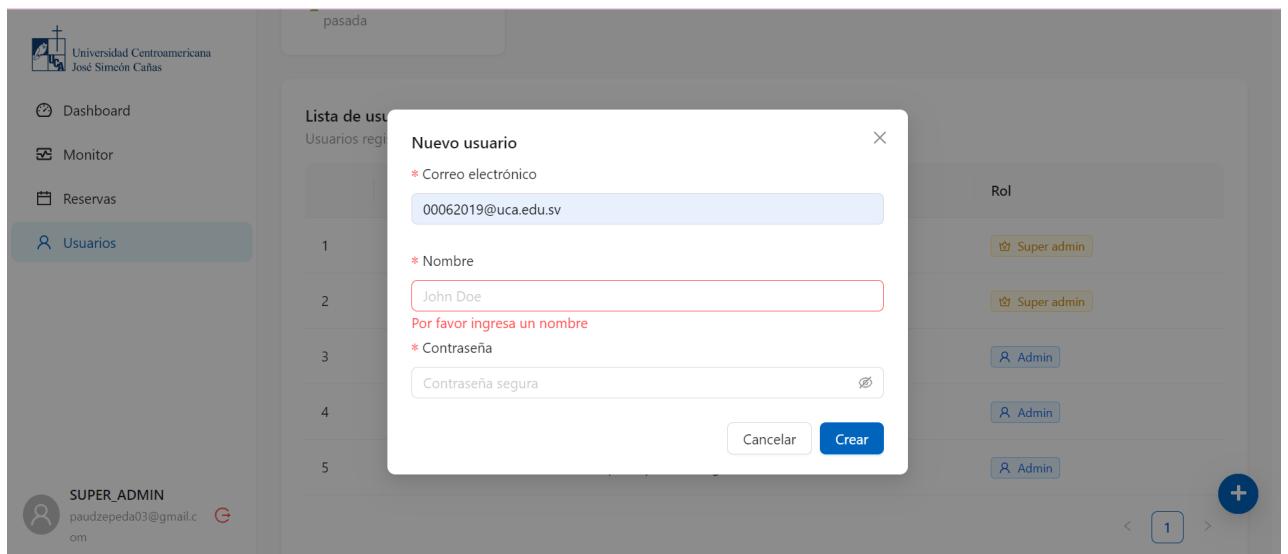


Figura B.21 Nombre del nuevo usuario

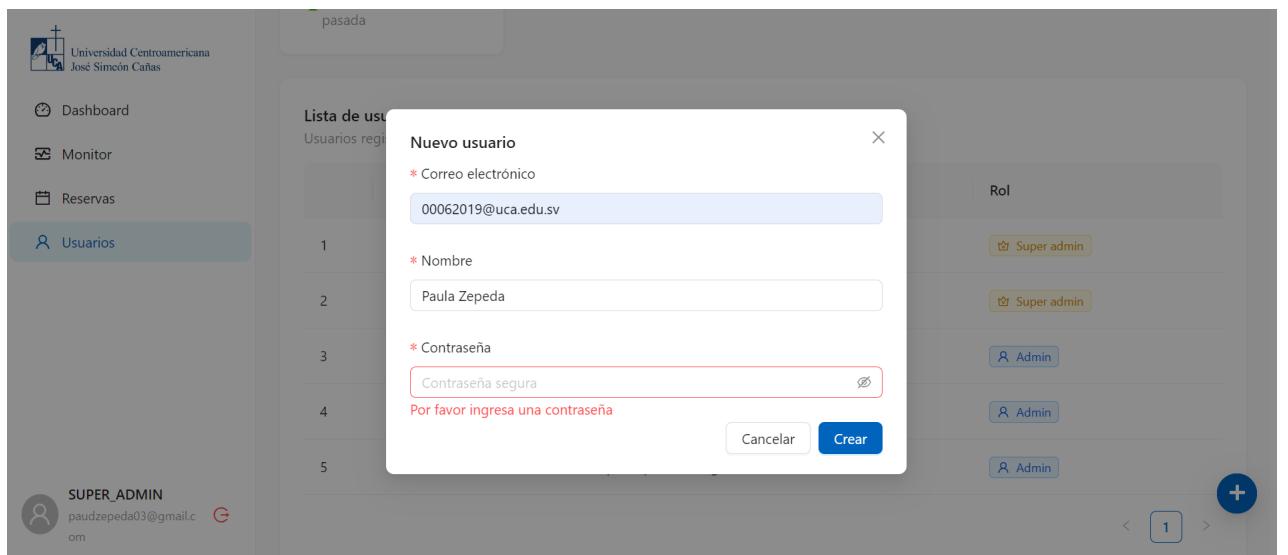


Figura B.22 Contraseña del nuevo usuario

Al ingresar la contraseña, se dispone de la opción para mostrar los caracteres introducidos.

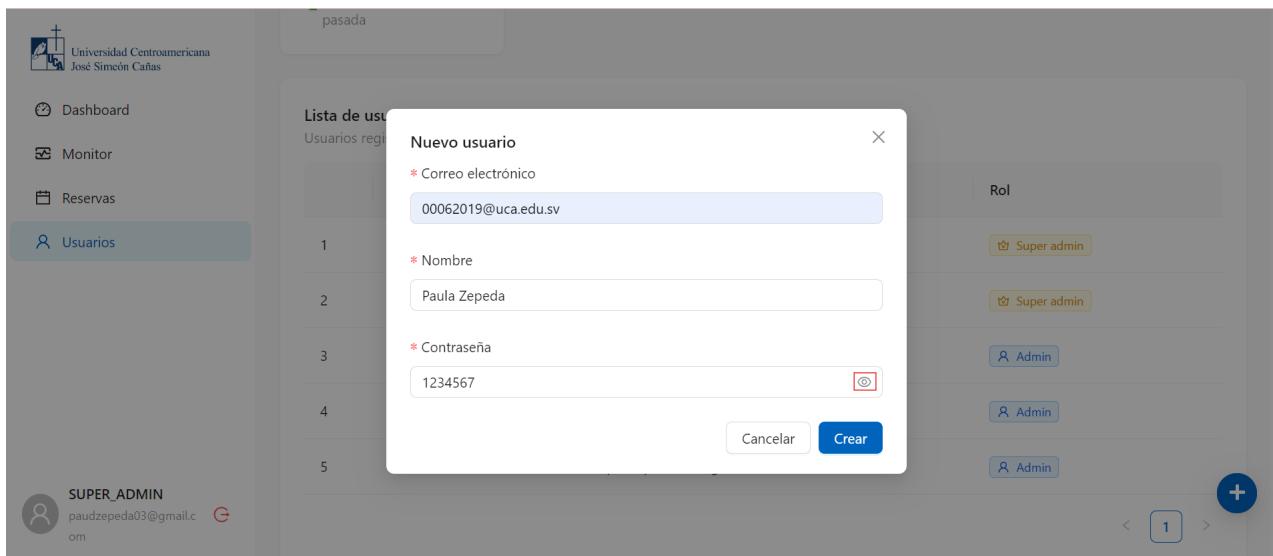


Figura B.23 Visualización de contraseña

Una vez completados todos los campos requeridos, se debe hacer clic en el botón “Crear”. Al hacerlo, se mostrará una notificación de éxito indicando que el usuario ha sido creado correctamente.

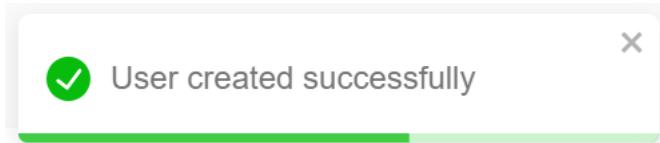


Figura B.24 Alerta de creación de usuario con éxito

Una vez creado el usuario, este aparecerá en el listado de usuarios del sistema.

The screenshot shows the EcoUCA system's user management interface. On the left, there is a sidebar with icons for Dashboard, Monitor, Reservas, and Usuarios, where Usuarios is selected. The main area has a title "Lista de usuarios" and a subtitle "Usuarios registrados". A table lists five users:

	Nombre	Email	Rol
1	SUPER_ADMIN	yoshi.olivares@gmail.com	Super admin
2	SUPER_ADMIN	paudzepeda03@gmail.com	Super admin
3	Pau	danizapeda00311@gmail.com	Admin
4	Paula	00062019@uca.edu.sv	Admin
5	Pau	pauzepeda955@gmail.com	Admin

A red box highlights the new user entry (row 4). Below the table, there is a message from SUPER\_ADMIN (paulzepeda03@gmail.com) with a timestamp of 1 Jue 20/11/2025 11:36. On the right side of the table, there is a blue button with a plus sign.

Figura B.25 Nuevo usuario creado

Cuando el superadministrador crea un nuevo usuario, a este se le notifica por correo electrónico que ha sido registrado en EcoUCA.

The email is from Noise Monitor <depto.electronicaeinformatica@uca.edu.sv> to PAULA DANIELA ZEPEDA BARRERA. It was sent on Jue 20/11/2025 11:36. The subject line is "Hola Paula Zepeda,". The body of the email contains the following text:

Hola Paula Zepeda,

Tu cuenta ha sido creada exitosamente.

**Credenciales:**  
**Email:** 00062019@uca.edu.sv  
**Contraseña:** ub24ho7t

También puedes iniciar sesión con Google o Microsoft.

At the bottom, there are two buttons: "Responder" and "Reenviar".

Figura B.26 Correo de notificación de usuario creado en el sistema

Cierre de sesión: Para salir del sistema, el usuario debe dirigirse a la parte inferior izquierda de la pantalla, donde encontrará la información de la cuenta actualmente iniciada.

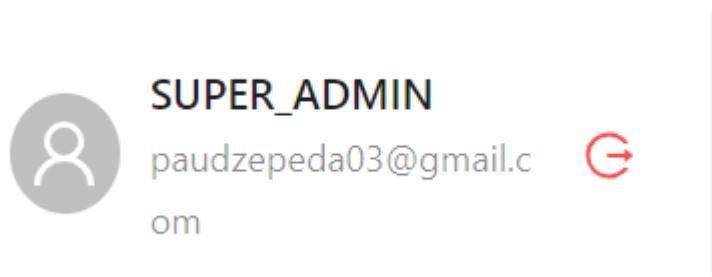


Figura B.27 Información del usuario

Se deberá de dar clic al botón que aparece a la par del nombre del usuario.

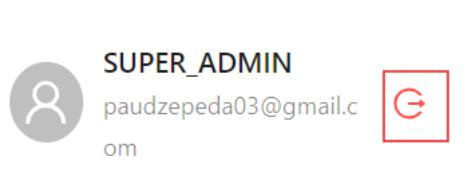


Figura B.28 Cierre de sesion

Activación del modo oscuro del sistema: Cuando el usuario ya este autenticado dentro del sistema, podrá cambiar el tema, dirigiendose a la parte superior derecha donde encontrará el botón que permite el cambio de tema.



Figura B.29 Cambio de tema de fondo del sistema

Una vez dado clic, el sistema cambiará su color de fondo de la siguiente manera:

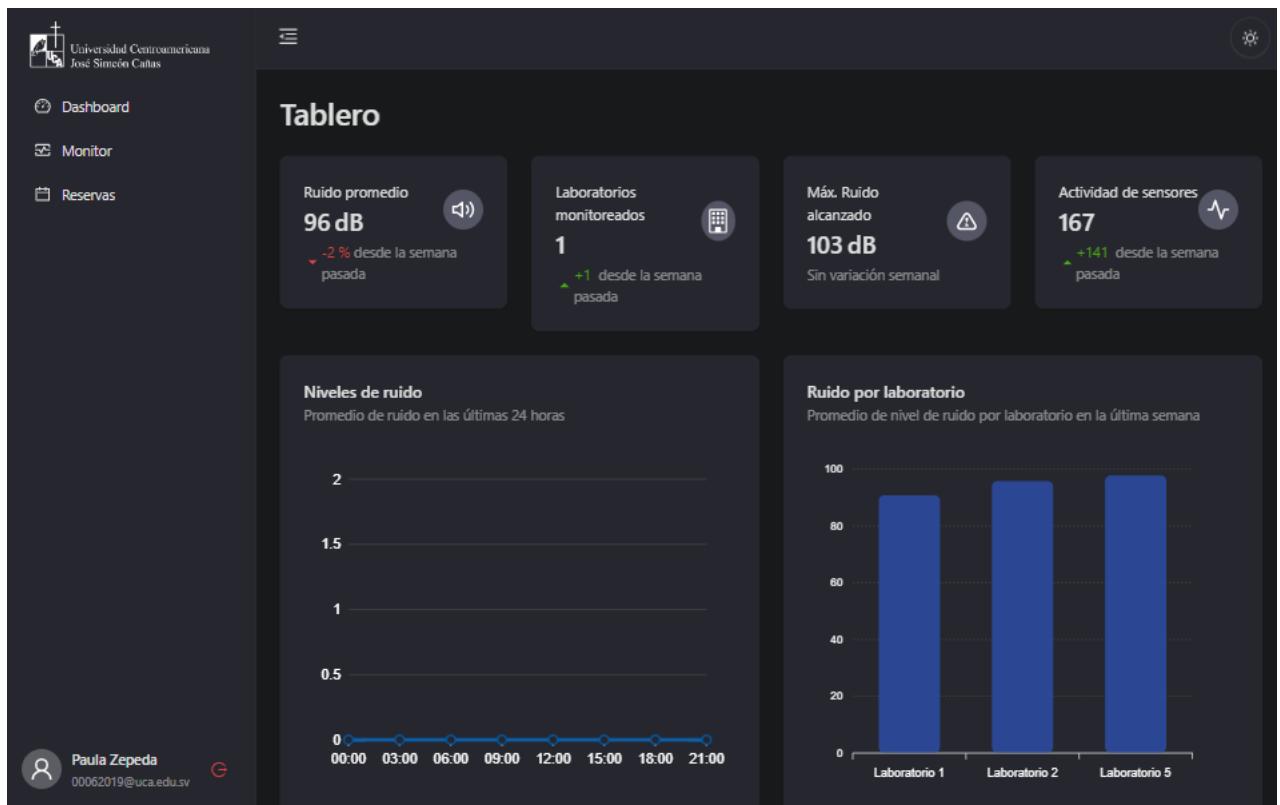


Figura B.30 Sistema EcoUCA con tema de fondo oscuro



**ANEXO C**  
**DIAGRAMAS DEL ESP, PCB Y CUBIERTA DEL DISPOSITIVO**



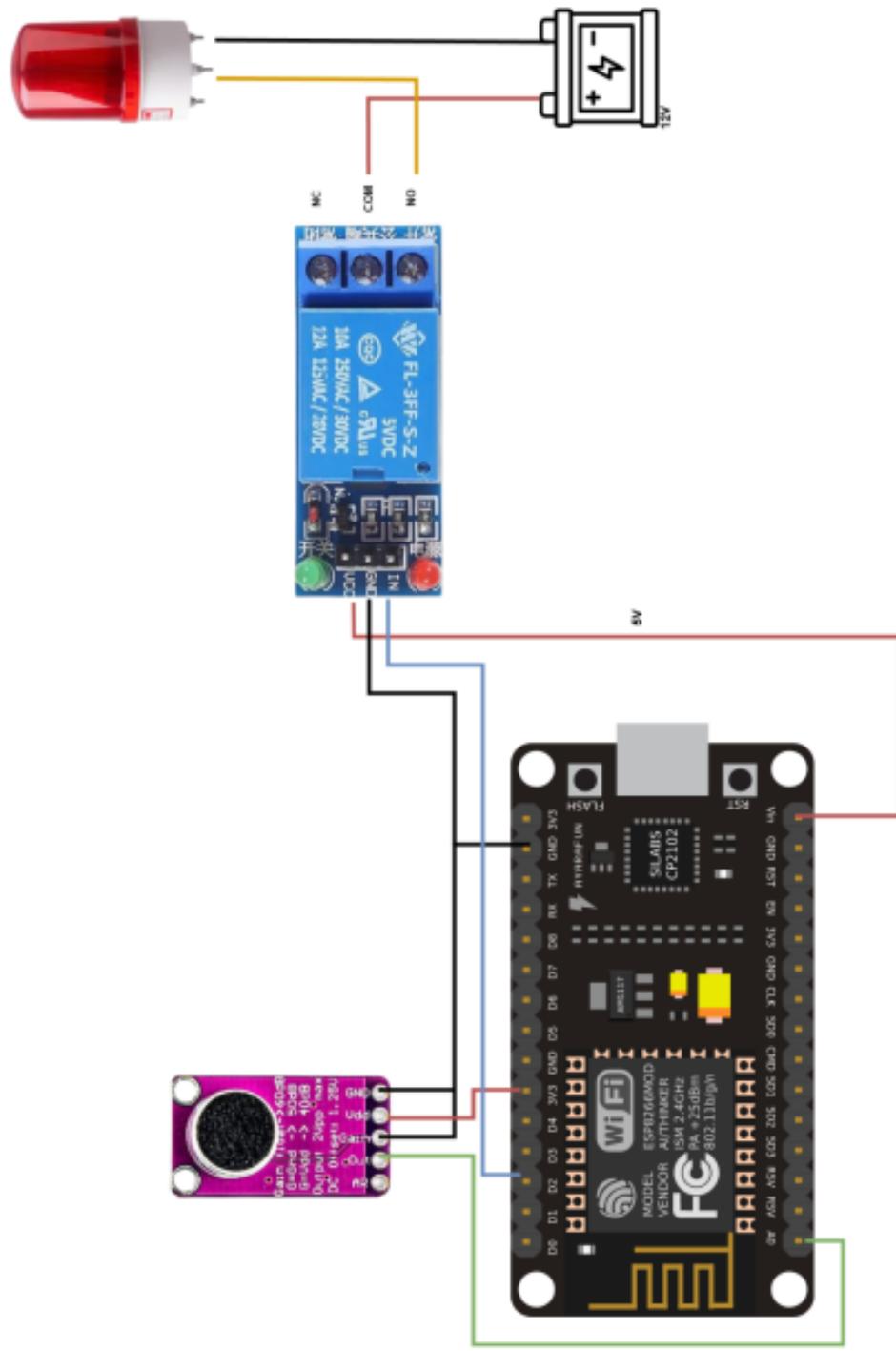


Figura C.1 Diagrama de conexión de los componentes del dispositivo

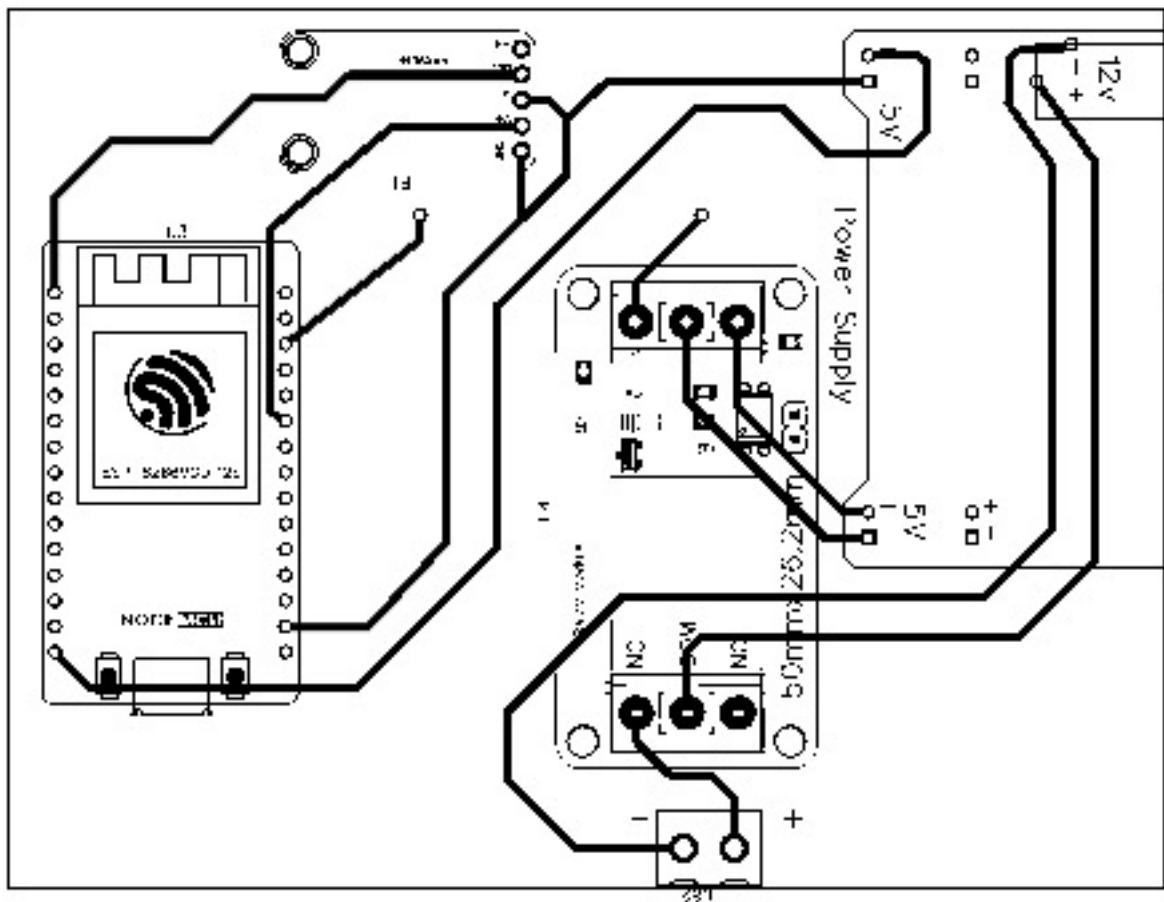


Figura C.2 Diagrama de creación de la placa base

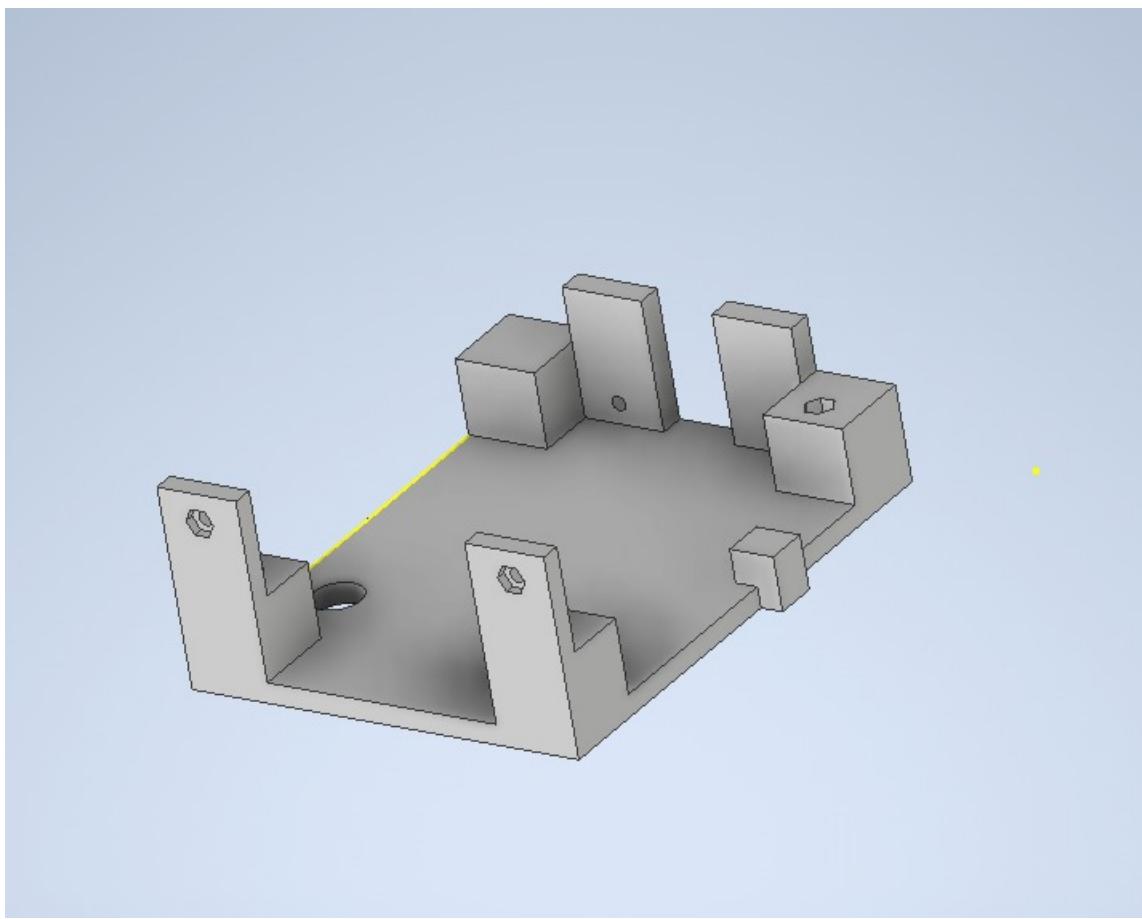


Figura C.3 Diseño 3D Base lateral izquierdo

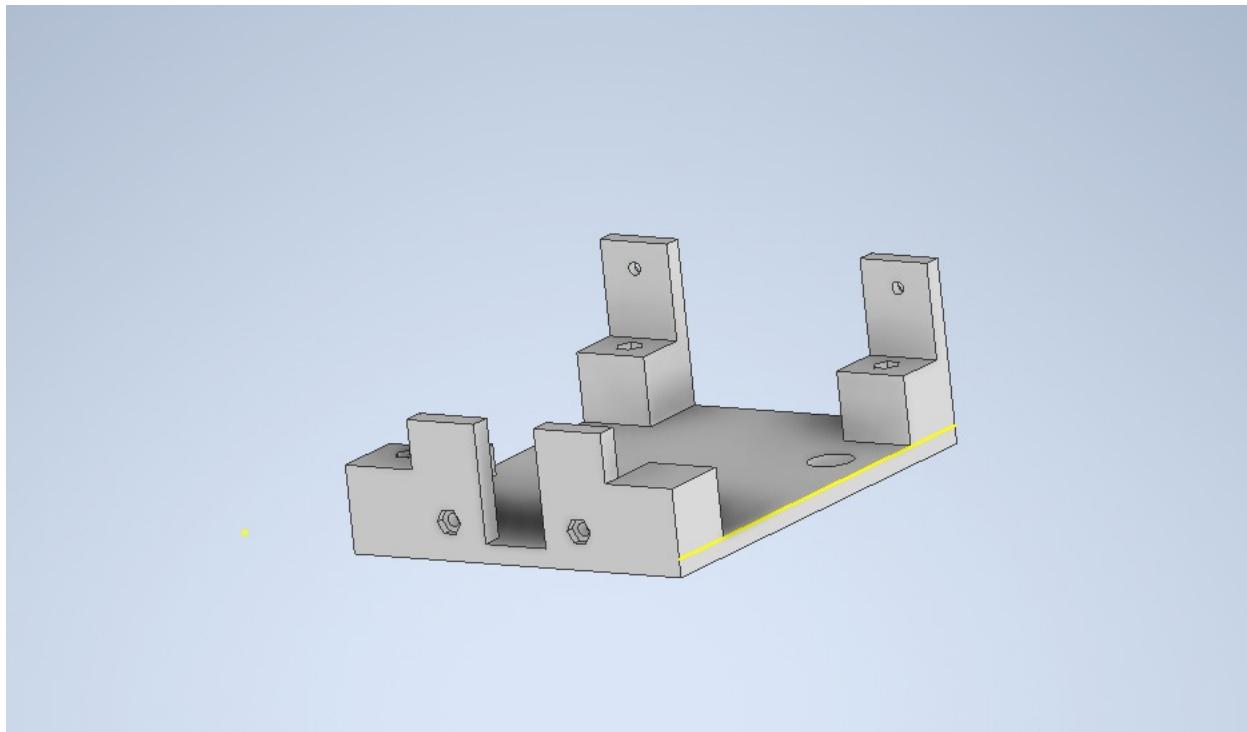


Figura C.4 Diseño 3D Base lateral derecho

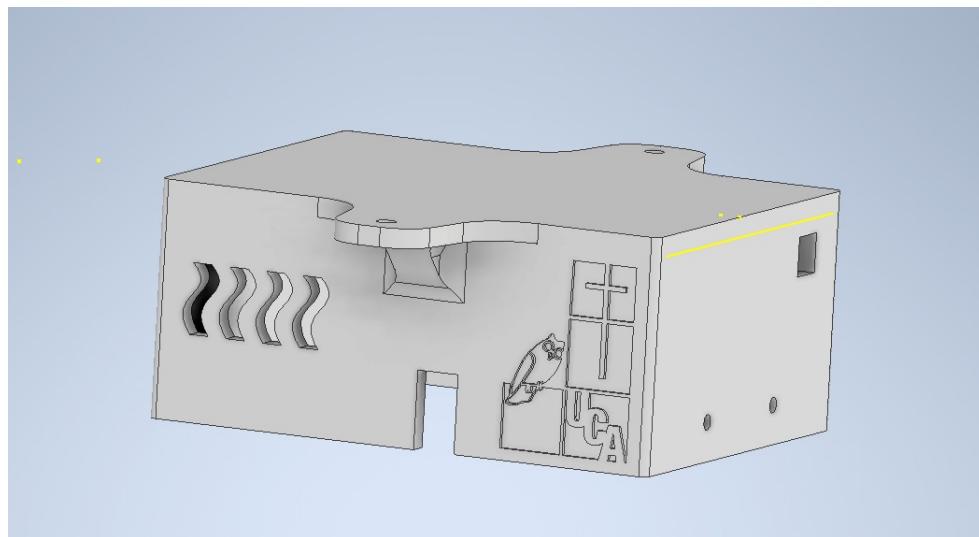


Figura C.5 Diseño 3D Tapadera lateral izquierdo

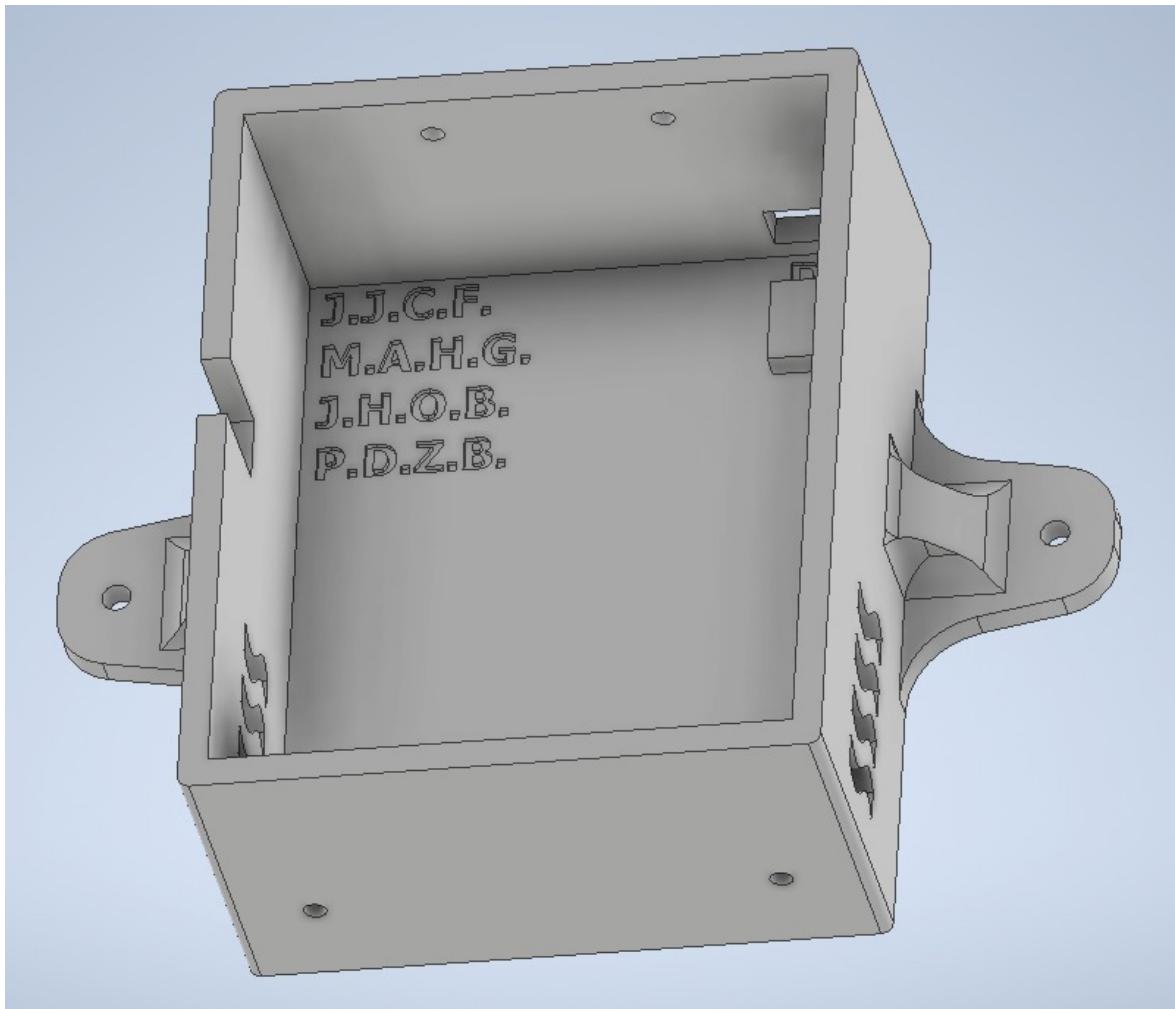


Figura C.6 Diseño 3D Base parte inferior



**ANEXO D**  
**CREACIÓN DEL PROTOTIPO FINAL Y PRESUPUESTO**



## D.1 Presupuesto de Materiales

Los costos contemplados en la presente tabla están expresados en Dólares estadounidenses. El costo de los elementos impresos en 3D se estimó con base en un rollo de filamento PLA con un valor de \$22.99.

Presupuesto de materiales utilizados en el proyecto.

<b>Elemento</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Subtotal</b>
1	Módulo ESP8266	1	\$13.99	\$13.99
2	Módulo fuente de alimentación MB102	1	\$4.99	\$4.99
3	Relay JQC3F-05VDC-C	1	\$1.88	\$1.88
4	Sensor MAX9814	1	\$5.50	\$5.50
5	Cargador de tipo Barrel Jack 12 voltios	1	\$5.50	\$5.50
6	Pin header de 10 pines	8	\$0.60	\$4.80
7	Terminal block de 2 pines	1	\$0.75	\$0.75
8	Jumper Dupont macho–macho (20 vías)	1	\$1.69	\$1.69
9	Baquelita virgen 10 x 15 cm	1	\$4.50	\$4.50
10	Pasta para soldar	1	\$2.35	\$2.35
11	Estaño para soldar	1	\$2.35	\$2.35
12	Tuerca hexagonal M3	7	\$0.45	\$3.15
13	Tornillo M3 x 10 mm	7	\$0.65	\$4.55
14	Cianocrilato	2	\$0.35	\$0.70
15	Silicona en barra	1	\$0.65	\$0.65
16	Impresión 3D tapadera	1	\$4.60	\$4.60
17	Impresión 3D base	1	\$1.76	\$1.76
18	Pintura en spray	1	\$2.99	\$2.99
19	Impresión en papel Couche	1	\$0.50	\$0.50
20	Lija de agua grano 800	1	\$1.65	\$1.65
				<b>Total</b> <b>\$68.85</b>

Fuente: [Elaboración Propia]

## **D.2 Creación del prototipo**

La presente sección describe los pasos necesarios para la recreación del prototipo desarrollado, con el fin de facilitar su replicación.

Se recomienda hacer uso del equipo de protección adecuado y realizar el proceso de fabricación del dispositivo solo si se cuentan con los conocimientos y condiciones correctas. Así mismo es necesario contar con las herramientas y dispositivos mencionados en los diferentes pasos que se muestran a continuación.

### **D.2.1 Preparación de los materiales**

Los materiales y recursos a utilizar se encuentran plasmados en la tabla de presupuesto enunciada en el apartado D.1 de los anexos.

### **D.2.2 Elaboración de placa PCB**

1. Limpiar Baquelita Virgen, de ser necesario utilizar paño de microfibra y thinner.
2. Lijar brevemente con lija de agua de grano 800 la superficie de la baquelita.
3. Colocar una impresión en papel Couche del diagrama de la placa PCB encima de la baquelita virgen con la cara con recubrimiento de cobre de la baquelita en contacto con la cara de la hoja que tiene el diagrama impreso.
4. Aplicar calor sobre la hoja, preferiblemente con una plancha de ropa convencional hasta que la impresión se haya pegado de manera correcta en la baquelita.
5. Aplicar agua sobre la impresión para retirar los restos de papel Couche hasta que solo queden los trazos del diagrama en la baquelita.
6. En un recipiente plástico colocar ácido férrico.
7. Colocar la baquelita en el recipiente.
8. Agitar levemente el ácido férrico en el recipiente hasta que la capa de cobre se haya desprendido de la baquelita dejando solamente las pistas y pads del diagrama PCB.
9. Aplicar agua sobre la placa PCB para retirar los restos de ácido férrico y papel Couche.
10. Eliminar cualquier elemento de cobre presente en la placa PCB exceptuando pads y pistas.

### **D.2.3 Colocación de Pin headers y componentes del dispositivo**

1. Taladrar con la herramienta correspondiente, preferiblemente un dremel, los pads mostrados en el diagrama que se encuentra en la baquelita empleando brocas en base al tamaño de los pin headers a utilizar.
2. Mediante alicates de corte, cortar los pin headers en las cantidades correspondientes a los pads

- del diagrama para su posterior colocación en la placa PCB.
3. Haciendo uso de cautín, pasta para soldar y estaño, soldar los pin headers a la placa PCB. Se recomienda revisar con la función de continuidad de un multímetro la correcta conexión entre los diferentes pin headers.

#### **D.2.4 Preparación de módulo fuente de alimentación MB102**

1. Haciendo uso de un multímetro, identificar los pines y polaridad a través de los cuales el módulo recibe corriente del cable de carga.
2. Soldar un cable de tipo Jumper a los puertos positivo y negativo identificados previamente y soldar los extremos opuestos de dichos cables a los pin headers previamente soldados en la placa PCB e identificados en el diagrama con la etiqueta "12v" y con los símbolos "-" y "+" que hacen referencia a la polaridad a la cual deben conectarse.

#### **D.2.5 Sujeción de componentes**

1. Colocar componentes, sensores, jumpers y módulos en sus respectivos lugares basados en el diagrama de la placa PCB.
2. Comprobar correcta conexión y funcionamiento de los componentes.
3. Fijar componentes con silicona caliente a la parte plástica de sus respectivos pin headers.

#### **D.2.6 Impresión 3D**

1. Abrir archivos de impresión 3D en un software slicer de preferencia.
2. Aplicar configuraciones básicas basado en la impresora y material a utilizar.
3. Aplicar 8 capas superiores e inferiores y 4 paredes exteriores e interiores. Así mismo aplicar relleno de un 13%.
4. Retirar excesos de material y strings de la impresión 3D. Lijar en caso de ser necesario.

#### **D.2.7 Fijación de tuercas**

1. La impresión 3D Base cuenta con 7 huecos hexagonales. Colocar aplicando calor con un cautín las tuercas correspondientes y aplicar cianocrilato como refuerzo.
2. Ensamblar placa PCB a la impresión 3D, ensamblar Impresión Base y Tapadera. Por último conectar el cable de carga al módulo fuente de alimentación MB102.